

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

Laboratorní úloha na měření a testování na patientském  
monitoru

Laboratory task for measurements and tests  
on the patient monitor

## Zadání bakalářské práce

Student: **Jana Vajdíková**  
Studijní program: B2649 Elektrotechnika  
Studijní obor: 3901R039 Biomedicínský technik  
Téma: Laboratorní úloha na měření a testování na patientském monitoru  
Laboratory Task for Measurements and Tests on the Patient Monitor  
Jazyk vypracování: čeština

### Zásady pro vypracování:

1. Seznámení se s biologickými signály používanými pro monitorování pacienta na lůžku.
2. Seznámení se s principy a činností lůžkové monitorovací techniky.
3. Seznámení se s možnostmi kalibrace patientských monitorů.
4. Návrh a realizace laboratorní úlohy.
5. Provedení měření a testů.
6. Zhodnocení dosažených výsledků závěrečné práce.

### Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] KLINKOVSKÝ, Tomáš. *Spolehlivost a konstrukce lékařských přístrojů*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2013, 109 s. ISBN 978-80-248-3110-7.
- [2] KLINKOVSKÝ, Tomáš. *Návrh a konstrukce zdravotnické přístrojové techniky*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2013, [161] s. ISBN 978-80-248-3109-1.
- [3] SVATOŠ, Josef. *Biologické signály I: geneze, zpracování a analýza*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické, c1992, 204 s. ISBN 80-01-00884-3.
- [4] PENHAKER, Marek, Martin IMRAMOVSKÝ, Petr TIEFENBACH a František KOBZA. *Lékařské diagnostické přístroje: učební texty*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2004, 320 s. ISBN 80-248-0751-3.
- [5] PEREZ, Reinaldo. *Design of medical electronic devices*. San Diego: Academic Press, c2002, xi, 279 s. ISBN 0-12-550711-9.
- [6] WEBSTER, John G a John W CLARK. *Medical instrumentation: application and design*. 3rd ed. Hoboken: Wiley, c1998, xix, 691 s. ISBN 0-471-15368-0.
- [7] CARR, Joseph J a John M BROWN. *Introduction to biomedical equipment technology*. 4th ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, c2001, xv, 743 s. ISBN 0-13-010492-2.
- [8] MACKAY, R. Stuart. *Bio-medical telemetry: sensing and transmitting biological information from animals and man*. 2nd ed. New York: IEEE Press, c1993, xiv, 540 s. ISBN 0-7803-4718-8.
- [9] FRADEN, Jacob. *Handbook of modern sensors : physics, designs, and applications*. 4th ed. New York: Springer, c2010, xv, 663 s. ISBN 978-1-4419-6465-6.
- [10] OLANSEN, Jon B a Eric ROSOW. *Virtual bio-instrumentation: biomedical, clinical, and healthcare applications in LabVIEW*. Upper Saddle River: Prentice Hall PTR, c2002, xxv, 571 s. ISBN 0-13-065216-4.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Marek Penhaker, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2015

Datum odevzdání: 29.04.2016



---

doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.  
*vedoucí katedry*



---

prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.  
*děkan fakulty*

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně.

Uvedla jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala



.....  
Jana Vajdíková

Datum odevzdání bakalářské práce: 29.4.2016

## **Poděkování**

Ráda bych tímto poděkovala panu Ing. Marku Penhakerovi, Ph.D. za cenné rady, konzultace a odborný dohled při vedení mé bakalářské práce.

## **Abstrakt**

Má bakalářská práce se zabývá patientskými monitory a ověřením jejich správné činnosti prostřednictvím simulátorů, v případě nastane-li změna v činnosti biologických funkcí nebo vlastní chyba přístroje. V případě dostavení některé ze jmenovaných anomálií musí přístroj na tuhle skutečnost upozornit, aby nedošlo k nenávratnému poškození pacientova zdraví, v důsledku nesprávného fungování přístroje nebo v důsledku nesprávné detekce biologických změn. Testovány jsou monitory EKONA PM6000 a HP M120A. Práce obsahuje popis nastavení monitorů a rozebrání problematiky testování alarmových limitů fyziologických funkcí, které jsou generovány pomocí simulátorů. Testování je uskutečněno měřením následujících parametrů EKG, SpO<sub>2</sub>, NIBP, IBP, RESP, TEMP. Výsledkem práce je vytvoření laboratorní úlohy, která bude v budoucnu sloužit jako výukový materiál v předmětech vyučovaných na oboru Biomedicínská technika.

## **Klíčová slova**

Monitorování, Biologické signály, EKG, SPO<sub>2</sub>, NIBP, IBP, TEMP, Simulátory

## **Abstract**

My thesis deals with patient's monitors and verifying their proper operation through simulators if there is a change in the activity of the biological functions of custom device fault. In case of appearance some of mentioned anomalies, the unit must be alert to this fact, to avoid permanent damage to the patient's health due to improper functioning of the device or due to incorrect detection of biological changes. Tested monitors EKONA PM 6000 and HP M120. The thesis contains description for monitor setting and analyzes problems of testing alarm limits of physiological functions that are generated by using simulators. Testing is accomplished by measuring the following parameters, ECG, SpO<sub>2</sub>, NIBP, IBP, RESP, TEMP. The result is the creation of laboratory tasks, some of which will serve as teaching material in courses taught in the field of biomedical engineering.

## **Key words**

Monitoring, Biological Signals, EKG, SPO<sub>2</sub>, NIBP, IBP, TEMP, Simulators

## Seznam použitých zkratk

EKG	elektrokardiografie
SpO <sub>2</sub>	saturace krve kyslíkem
IBP	invazivní krevní tlak
NIBP	neinvazivní krevní tlak
TEMP	teplota
RESP	dýchání
GAS	anestetické plyny
EEG	elektroencefalografie
C.O	kardiální minutový objem
O <sub>2</sub>	kyslík
CO <sub>2</sub>	oxid uhličitý
EtCO <sub>2</sub>	měření množství oxidu uhličitého ve výdechu
QRS	komplex kmitů EKG signálu
SYS	systolický tlak
DIA	diastolický tlak
MEAN	střední tlak
BPM	počet tepů za minutu
AC	střídavý proud
DC	stejnoseměrný proud
VDC	stejnoseměrné napětí
VAC	střídavé napětí
TK	krevní tlak
min	minuta
tj.	to je
apod.	a podobně
cca	přibližně
s,sec	sekunda
např.	například
atd.	a tak dále
aj.	a jiný
EcoG	elektrokortikografický signál
EP	evokované potenciály
EMG	elektromyografický signál
EGG	elektrogastrografický signál
ENG	elektroencefalografický signál
EOG	elektrookulografický signál
ERG	elektroretinografický signál
fEKG	fetální elektrokardiografický signál
AP	akční potenciály



<b>Úvod.....</b>	<b>1</b>
<b>1 Monitorování .....</b>	<b>2</b>
1.1 Monitory .....	2
1.1.1 Monitory centrální .....	2
1.1.2 Monitory modulární.....	2
1.1.3 Pacientský monitor EKONA PM6000.....	3
1.1.4 HP M1205A Komponentní monitorovací systém OmniCare .....	4
<b>2 Biologické signály .....</b>	<b>4</b>
2.1 Bioelektrické signály .....	6
2.2 Biomagnetické signály .....	6
2.3 Bioimpedanční signály .....	6
2.4 Biochemické signály .....	6
2.5 Biomechanické signály.....	7
2.6 Bioakustické signály.....	7
2.7 Ostatní biologické signály .....	7
2.8 Artefakty .....	7
<b>3 Elektrokardiografie .....</b>	<b>8</b>
3.1 Depolarizace .....	8
3.2 Repolarizace.....	8
3.3 EKG křivka .....	9
3.4 Elektrokardiografické svody .....	9
<b>4 Měření krevního tlaku .....</b>	<b>11</b>
4.1 Neinvazivní měření krevního tlaku .....	11
4.1.1 Auskultační metoda .....	11
4.1.2 Oscilometrická metoda .....	12
4.2 Invazivní tlak .....	12
4.2.1 Intravaskulární invazivní metoda .....	12
4.2.2 Extravaskulární invazivní metoda .....	12
<b>5 Měření tělesné teploty .....</b>	<b>13</b>
5.1 Kontaktní měření teploty .....	13
5.1.1 Rtuťové teploměry.....	13
5.1.2 Elektronické kontaktní teploměry .....	13
5.2 Bezkontaktní měření teploty .....	14

5.2.1 Bezkontaktní infračervené senzory teploty .....	14
5.2.2 Bezkontaktní ušní teploměr .....	14
5.2.3 Termografie v medicíně .....	14
6 Pletysmografie .....	15
6.1 Pneumatický pletysmograf .....	15
6.2 Kapacitní pletysmograf .....	15
6.2.1 Kapacitní pletysmograf s pružným dielektrikem .....	15
6.2.2 Kapacitní pletysmograf- povrch těla je součástí snímače .....	15
6.3 Fotoelektrický pletysmograf .....	15
7 Respirace .....	16
8 Lékařské Simulátory .....	17
8.1 Simulátor Riegel UNI- SiM .....	17
8.1.1 Specifikace .....	18
8.1.1.1 Simulace srdečních arytmí (EKG) .....	18
8.1.1.2 Respirace .....	18
8.1.1.3 Nasycení krve kyslíkem (SpO <sub>2</sub> ) .....	18
8.1.1.4 Neinvazivní simulace krevního tlaku .....	18
8.1.1.5 Invazivní simulace krevního tlaku .....	19
8.1.1.6 Teplota .....	19
8.1.2 Základní parametry přístroje .....	19
8.2 Simulátor Fluke 7000DP .....	20
8.2.1 Základní parametry přístroje .....	20
8.2.2 Specifikace .....	21
8.2.2.1 Defibrilátor .....	21
8.2.2.3 Simulace EKG .....	21
8.2.2.4 Specifikace transkutánního kardiostimulátoru .....	22
8.3 SpO <sub>2</sub> Simulátor Fluke Index 2XL .....	22
8.3.1 Specifikace zařízení .....	22
8.3.2 Základní funkce .....	22
8.4 Simulátor invazivního tlaku .....	23
8.4.1 Základní parametry .....	23

8.4.2 Specifikace .....	23
8.5 Fluke 1523 referenční teploměr .....	24
8.5.1 Specifikace .....	24
9 Návrh a postupný vývoj řešení .....	25
9.1 Představa řešení .....	25
9.2 Výsledné řešení .....	25
9.3 Postup řešení .....	25
9.4 Funkce a nastavení parametrů monitoru Ekona PM6000 .....	25
9.4.1 Reálné měření .....	28
9.4.2 Testování .....	28
9.5 Funkce a nastavení parametrů monitoru HP M1205A .....	30
9.5.1 Reálné měření .....	31
9.5.2 Testování .....	31
9.6 Výsledky .....	32
9.6.1 Výsledky testování monitoru EKONA PM6000 .....	32
9.6.2 Výsledky testování monitoru HP M1205A .....	33
10 Návrh laboratorní úlohy .....	35
11 Vzorový protokol .....	44
12 Závěr .....	56

## Úvod

Sledování základních životních funkcí jedince je tou nejzákladnější aplikací měřicí techniky v biomedicině. Měřicí technika v medicíně slouží lékařům k určení přesnější a včasné diagnózy a tím se snižuje riziko trvalých následků nebo lze předcházet úmrtí. Monitorování je tedy opakovaná nebo kontinuální činnost v čase, která slouží k posouzení stavu vitálních funkcí, průběhu onemocnění, účinnosti léčby aj. Během sledování se mohou objevit i nežádoucí aspekty např. artefakty v průběhu měření, chyby přístroje při vyhodnocování přijímaných signálů nebo nepřesná měření či chyby při sledování hodnocených ukazatelů. Pro sledování vitálních funkcí může být využita neinvazivní nebo invazivní technika. U neinvazivní techniky v průběhu monitorovacího postupu nedochází k porušení kožního krytu, kdežto u invazivní techniky k porušení dochází. K monitoraci jsou používány speciální patientské monitory. Cílem této bakalářské práce je práce s patientskými monitory, seznámení se s možnostmi kalibrace daných monitorů, naměření jednotlivých biologických signálů na fyzické osobě a na simulátorech následné zhodnocení a porovnání výsledků. Dále ověření funkčnosti daných monitorů v případě nastane-li neočekávaná anomálie zapříčiněná samotnými životními projevy organismu nebo chybou přístroje. Konečným výsledkem bude laboratorní úloha, která pomůže k jasnějšímu pochopení práce s patientskými monitory a měření biologických signálů.

# 1 Monitorování

Monitorování je děj, který umožňuje sledování základních životních funkcí a je nezbytnou součástí v intenzivní medicíně, sledování může probíhat nepřetržitě, spojitě nebo se pravidelně opakovat v intervalech. Monitorování nás informuje o změnách pacientova stavu v důsledku chorobných změn nebo v důsledku změn z aplikované léčby. Může přispět k lepší prognóze kriticky nemocných pacientů, výsledná měření jsou podkladem k dalšímu postupu při léčbě. Sledování může probíhat invazivně nebo neinvazivně. Invazivní technika spočívá v porušení kožního krytu pacienta v průběhu monitorovacího postupu a u neinvazivní techniky nedojde k porušení. K vyhodnocování a sledování slouží patientské monitory. [6] [7]

## 1.1 Monitory

Elektronická zařízení, která slouží ke dlouhodobému sledování základních životních funkcí, jejich zpracování a záznamu. Technická úroveň a vlastnosti monitorovacích přístrojů byly ovlivněny prudkým rozvojem v oblasti elektroniky a výpočetní techniky. Prvotní analogové přístroje nahradily již dokonalé moderní přístroje, které umožňují monitorovat velkou škálu biologických signálů. Na základě vyhodnocení signálů v reálném čase, lze provádět analýzu těchto signálů, které informují o stavu pacienta a jsou návodem při dalším postupu léčby. Při dlouhodobém monitorování životních funkcí musí jejich hodnoty splňovat předem stanovené meze, jestliže tyto meze hodnoty překročí, měl by poplašný systém přístroje na tuto skutečnost upozornit. Pomocí monitoru jsou nejčastěji sledovány následující životní funkce. [6]

- EKG
- Krevní tlak (snímaný neinvazivní metodou)
- Krevní tlak (snímaný invazivní metodou)
- Teplota
- SpO<sub>2</sub> (Saturace krve kyslíkem)
- RESP/EKG (dechová křivka, snímaná impedančně přes EKG)
- Analýza anestetických plynů
- Parametry související s dýcháním
- EEG

### 1.1.1 Monitory centrální

Slouží ke hromadnému zobrazování křivek jednotlivých patientských monitorů na lůžkových odděleních v nemocničních zařízeních, např. na jednotkách intenzivní péče. Maximum měřených křivek, které může jeden monitor zobrazit je daný výrobcem a závisí na typu centrálního monitoru.

#### 1.1.2 Monitory modulární

Jsou standardními monitory, u kterých můžeme přidávat a oddělovat moduly pro měření různých parametrů, které jsou pro každého pacienta individuální. Příkladem je modulární monitor Ekona PM6000. [6]

### 1.1.3 Pacientský monitor EKONA PM6000

Jedná se o modulární multi-parametrální pacientský monitor, který se využívá pro monitorování pacienta na lůžku. Umožňuje monitorování dospělých, dětí i novorozenců. Výhodou je snadná a rychlá výměna modulů pro měření různých parametrů. Můžeme na něm měřit:

- EKG/RESP + obsahuje dva kanály pro měření teploty (standartní modul)
- $SP_{O_2}$
- NIBP
- IBP (2 kanály)
- CO
- $EtCO_2$
- GAS
- EEG



Obr. 1 Pacientský monitor Ekona PM6000

#### Technický popis

- Monitor značky Philips s LCD displejem (není původně konstruován s přístrojem, netvoří kompaktní systém, slouží pouze jako nástroj pro zobrazování křivek)
- Modulový box s možností horizontálního nebo vertikálního umístění
- Modul zahrnující parametry modulu a jeho funkce
- Napájení AC 100/250 V, 50/60 Hz
- Skladovací teplota 0 až 40 °C
- Vlhkost 30 až 85 %
- Monitorování dospělých, dětí a novorozenců
- Maximálně 8 modulů

Pacientský monitor umožňuje různá nastavení např. nastavení informací o pacientovi, nastavení času, různé alarmové signalizace při náhlých změnách ať už v zapojení nebo ve změnách pacientova

zdravotního stavu. Pro podrobnější informace o možnostech a funkcích monitoru, je nutné nastudovat návod k obsluze tohoto monitoru. [13]

#### 1.1.4 HP M1205A Komponentní monitorovací systém OmniCare

Jedná se o modulární patientský monitor, který se využívá pro monitorování pacienta na lůžku. Monitor má schopnost pracovat v síti a zpracovávat data. Jednotlivé moduly můžeme měnit nebo přidávat další nové moduly pro měření parametrů, které potřebujeme. Můžeme na něm měřit:

- EKG/RESP + obsahuje dva kanály pro měření teploty (standartní modul)
- $SpO_2$
- NIBP
- IBP (2 kanály)
- CO
- $EtCO_2$
- GAS
- $CO_2$
- $tcpO_2$  /  $tcpCO_2$



Obr. 2 Patientský monitor HP M1205A

##### Technický popis

- Zobrazovací modul s LCD displejem a ovládacím panelem.
- Modulový box s parametrovými moduly.
- Napájení AC 100/250 V, 50/60 Hz
- Skladovací teplota 0 až 40 °C
- Vlhkost 30 až 85 %
- Monitorování dospělých, dětí a novorozenců
- Maximálně 8 modulů

Monitor HP poskytuje široký rozsah v nastavení, lze nastavit např. zobrazení reálných křivek, změna rychlosti záznamu, nastavení alarmových mezí pro každý měřený parametr aj. Pro podrobnější informace o možnostech a funkcích monitoru, je nutné nastudovat návod k obsluze tohoto monitoru.

[14]



## 2 Biologické signály

Za biologické signály označujeme signály nesoucí informaci, která vzniká v živých organismech. Biologické signály nazývané také jako biosignály a můžeme je rozdělit podle způsobu, jakým byly vyvolány a to buď vyvolané životními projevy, nebo uměle fyzikálním působením na organismus z vnějšku. Mezi signály vyvolané životními projevy patří např. elektrokardiografický, elektroneurografický, elektroencefalografický atd. Mezi umělé patří např. bioimpedanční signály a ty vznikají tak, že do určité tkáně je přiveden střídavý proud, prostřednictvím kterého měříme impedanci dané tkáně. Podle druhu měřené fyzikální veličiny rozdělujeme signály: bioelektrické, biomagnetické, bioimpedanční, biochemické, biomechanické, bioakustické. Některé signály nelze s určitostí začlenit do výše uvedených skupin biosignálů. [1] [2]

### 2.1 Bioelektrické signály

Jedná se o prvořadě signály ve zdravotnické diagnostice. Tyto signály jsou vyráběny nervovými a svalovými buňkami respektive mají svůj původ v elektrických dějích vznikajících na buněčných membránách dráždivých buněk. Na nervové a svalové buňky má vliv intenzita stimulačního impulzu, jestliže je mezní hodnota dráždivosti překročena, vytváří buňka akční potenciál. Lidské tělo je dobře vodivé prostředí, proto elektrické signály snímáme především neinvazivně pomocí povrchových elektrod, avšak v některých případech je nutné invazivní snímání prostřednictvím podpovrchových elektrod. Při snímání a vyhodnocení bioelektrických signálů je nejdůležitější rozkmit (napětí špička-špička  $u_{pp}$ ) a frekvenční pásmo. Příkladem jsou nejčastěji měřené signály: EKG, EEG, ECoG, EP, EMG, EGG, ENG, EOG, ERG, fEKG, AP. [1] [2]

### 2.2 Biomagnetické signály

Některé orgány v těle vytvářejí slabá magnetická pole jako např. srdce, mozek a další jiné orgány. Magnetická pole těchto orgánů vznikají v důsledku protékajících lokálních proudů tělem zapříčiněných šířením akčního potenciálu. Biomagnetická pole lze dobře zaznamenávat i vně organismu, poněvadž permeabilita živých tkání a vzduchu je téměř srovnatelná. Magnetické biosignály jsou obtížně měřitelné, neboť intenzita jejich polí je několikanásobně nižší než intenzita rušivých polí Země, elektrospotřebičů a elektrické rozvodné sítě. [1] [2]

### 2.3 Bioimpedanční signály

Patří mezi uměle vyvolané biosignály. Vznikají tak, že na vhodném místě je přiveden do tkáně střídavý elektrický proud a na jiném místě na povrchu těla je snímána impedance dané tkáně prostřednictvím povrchových elektrod. Jde tedy o napětí, které vzniká v důsledku průchodu indukovaného proudu tkání. Velikost snímaného napětí je závislá na impedanci tkáně, tedy na jejím složení a vlastnostech např. druh tkáně, objem tkáně, prokrvení apod. [1] [2]

### 2.4 Biochemické signály

Jde o signály, které podávají informace o koncentracích chemických látek v živém organismu. Měří se např. pH tkání,  $SpO_2$  nasycení krve kyslíkem, koncentraci i parciální tlak  $O_2$  a  $CO_2$  v krvi a vydechovaném vzduchu. [1] [2]

## **2.5 Biomechanické signály**

Za mechanické signály jsou označovány signály vzniklé z mechanických funkcí nebo činností živého organismu. Mezi tyto nejběžněji měřené signály patří: krevní tlak (lze měřit metodou neinvazivní nebo invazivní), srdeční výdej, respirační frekvence, objem tkání a jeho změny (pletysmografie).

## **2.6 Bioakustické signály**

Tyto signály jsou generovány např. při průchodu krve srdečními chlopněmi nebo cévami, dále při průchodu vzduchu dýchacím ústrojím v plicích. Nejčastěji měřenými akustickými signály jsou srdeční ozvy tzv. Korotkovovy zvuky, které jsou poslouchány pomocí fonendoskopu a měřeny sfygnomanometrem. [1] [2]

## **2.7 Ostatní biologické signály**

Do téhle skupiny biosignálů se řadí signály, které nelze s určitostí zařadit do žádné z předešlých skupin. Patří sem např. tělesná teplota. [1] [2]

## **2.8 Artefakty**

Rozdělují se na technické a biologické artefakty. Mezi biologické artefakty patří pohybové artefakty, artefakty dané biologickými rytmy, artefakty vzniklé vzájemným vlivem různých orgánů. Do skupiny technických artefaktů se řadí artefakty objevující se především při zpracování bioelektrických signálů, elektrostatické potenciály, patří zde i rušení elektrorozvodnou sítí, rušivá elektromagnetická pole, impulsní rušivé signály, šum elektronických prvků a obvodů. [1] [2]

### 3 Elektrokardiografie

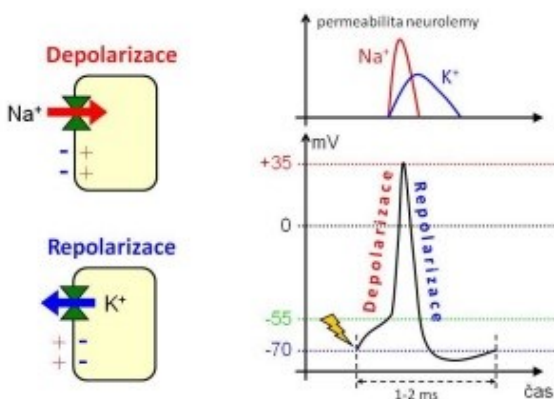
Je v kardiologii základním vyšetřením, které poskytuje možnost snímání a zaznamenávání elektrické aktivity srdce. Prostřednictvím této metody je možno detekovat a diagnostikovat poruchy srdečního rytmu (různé arytmie), ischemické změny v myokardu nebo lze dohlížet na vývoj zahájené léčby a působení kardiofarmak. Vyšetření se realizuje pomocí elektrokardiogramu. EKG se ve většině případů uskutečňuje především neinvazivní metodou, a to prostřednictvím elektrod umístěných na hrudníku a končetinách, elektrody mohou být umístěny také na stěně jícnu nebo přímo v srdci. Pomocí tohoto vyšetření se měří rozdíl napětí, které je důsledkem šíření akčního potenciálu myokardem. V průběhu šíření akčního potenciálu vzniká elektromagnetické pole v důsledku vzniku místních proudů v oblastech rozmezí rozdílného potenciálu. Výsledný EKG záznam je elektrokardiogram, který zobrazuje P-QRS-T křivku a na základě její velikosti, tvaru a časových intervalech mezi jejími různými vrcholy je možné zaznamenávat a diagnostikovat různá onemocnění. [2] [1]

#### 3.1 Depolarizace

Molekuly klidové buňky srdečního svalu se štěpí na ionty s pozitivním nábojem na zevní straně buněčné membrány a s negativním nábojem na vnitřní straně. Buňka je tedy elektricky vyvážená nebo naopak v polarizovaném stavu. Ve chvíli, kdy dojde k podráždění buňky, pak na povrch buňky pronikají ionty s negativním nábojem a do nitra buňky pronikají ionty s kladným nábojem. Děj, při kterém dochází ke změně polarity, se nazývá depolarizace.

#### 3.2 Repolarizace

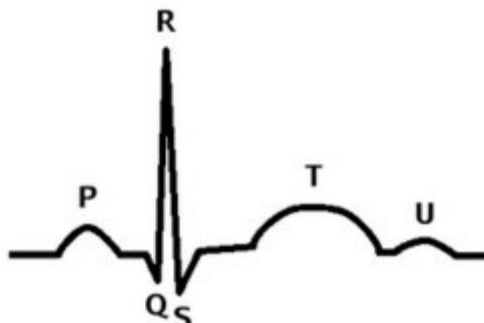
Ve chvíli, kdy se pozitivní ionty vrací na zevní povrch buněk a negativní ionty se vrací do nitra buněk, nastává fáze zotavení. Elektrická rovnováha buněk je obnovena, tento děj se nazývá repolarizace. Pro vznik elektrické srdeční činnosti je důležitý pohyb iontů sodíku ( $\text{Na}^+$ ) a draslíku ( $\text{K}^+$ ) přes buněčnou membránu. Mikroelektrodou je možné změřit rozdíl potenciálů na buněčné membráně. Hodnota rozdílu je - 90 mV. [11]



Obr. 3 Zobrazení průběhu depolarizace a repolarizace [15]

### 3.3 EKG křivka

EKG křivka podává informace o změnách srdeční aktivity, tyto změny se projeví jako odchylky od základní linie, která je tvořena vlnou P, QRS komplexem a vlnou T.



Obr. 4 Obecná EKG křivka

- **Vlna P** představuje elektrickou aktivitu síní při depolarizaci
- **QRS komplex** představuje stah svaloviny komor, je výsledkem depolarizace
- **Vlna T** zobrazuje repolarizaci komorového myokardu, jedná se o zotavovací fázi
- **Interval P-Q** zobrazuje stah síní a zdržení vzruchu v AV uzlu
- **Úsek ST** úsek mezi koncem komorového komplexu a začátkem vlny T, dochází od depolarizace k pomalé repolarizaci
- **Interval Q-T** tvoří úsek od začátku komorového komplexu po konec vlny T
- **Interval P-R** doba za kterou se dostane impuls ze síně do komory, poté následuje depolarizace komor
- **Úsek P-R** stanovuje se zde nulová izolinie

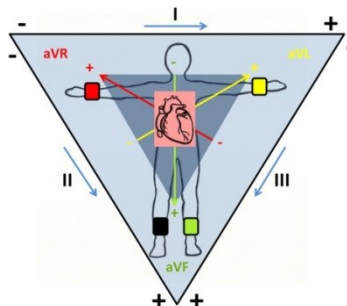
### 3.4 Elektrokardiografické svody

Činnost srdce vytváří elektrické pole, které se šíří prostředím celého těla. Tekutiny v lidském těle jsou velmi dobrými vodiči, proto je možné průběhy změn potenciálů snímat na povrchu těla. Pro neinvazivní měření EKG se využívá dvanácti svodový systém, který umožňuje snímání napětí mezi dvěma odlišnými místy na končetinách a hrudníku pacienta. Elektrody rozdělujeme na tři končetinové a šest hrudních, v klinické praxi se při běžných vyšetřeních používají končetinové elektrody klipsové a hrudní balónkové popřípadě samolepící elektrody, jejichž součástí je vodivý gel. V dnešní době se nejčastěji užívají elektrody Ag /AgCl, jde o elektrody druhého druhu, které jsou složeny z kovu a pokryty vrstvou z těžko rozpustné soli těžkého kovu. Tyto elektrody využívají jako

elektrolyt pastu nebo vodivý gel, jehož složením je NaCl nebo KCl. Mají na sobě potaženou tenkou vrstvu chloridu stříbrného. Svody dělíme do tří skupin:

- **Einthovenovy bipolární končetinové svody (I, II, III)**

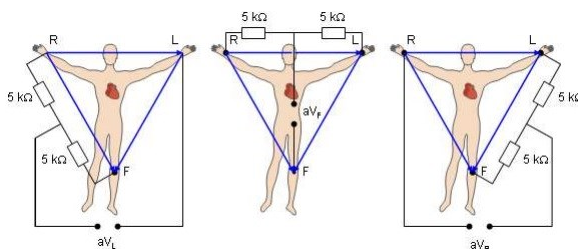
Využívají tři končetinových elektrod s označením RA (červená), LA (žlutá), LL (zelená), v praxi se používá i čtvrtá elektroda umístěná na pravé noze RL (černá), která snižuje souhlasnou složku signálu na vstupu předzesilovače a je zapojena ve zpětné vazbě obvodu. [1]



Obr. 5 Zapojení EKG svodů podle Einthovena [11]

- **Goldbergerovy unipolární končetinové svody (aVR, aVL, aVF)**

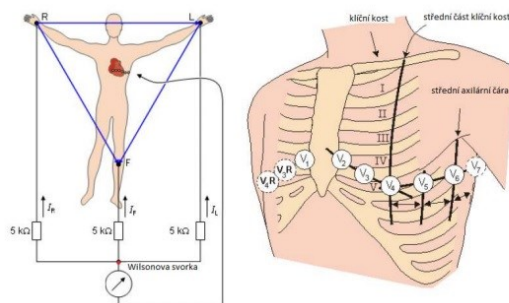
Využívají také tři končetinových elektrod, avšak u každého svodu je navíc připojena kladná svorka k jedné z elektrod. [1]



Obr. 6 Zapojení podle Goldbergera [10]

- **Wilsonovy unipolární hrudní svody ( $V_1 - V_6$ )**

Využívají navíc šest hrudních elektrod, kladný pól svodů ( $V_1 - V_6$ ) vytváří elektroda ležící v srdeční krajině a referenční svorka, která vznikne spojením tří končetinových elektrod přes odpor  $5k\Omega$ , pak tvoří záporný pól. [1]



Obr. 7 Zapojení podle Wilsona [11]

## 4 Měření krevního tlaku

Je jednou z nejčastěji měřených veličin, neboť podává důležité informace o funkci kardiovaskulárního systému. Krevním tlakem se rozumí protékající krev, která působí na stěnu cévy. V různých částech krevního řečiště jsou odlišné hodnoty krevního tlaku, čím dál jsou cévy od aorty, tím je v nich nižší tlak. [1] [6]

Neinvazivní metody měření	Invazivní metody měření
Auskultační	Extravaskulární
Oscilometrická	Intravaskulární
Pletysmografie	
Snímání pohybu arteriální stěny	

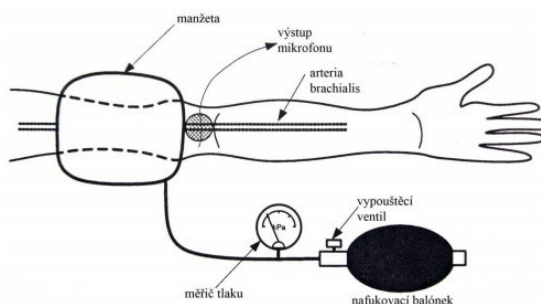
Tab. 1 Metody měření krevního tlaku [5]

### 4.1 Neinvazivní měření krevního tlaku

Nejběžněji se tlak měří neinvazivní metodou, která využívá manžety umístěné vně těla vyšetřovaného. Manžeta omezuje průtok krve v daném místě na končetině (nejčastěji na levé paži) ve chvíli zastavení nebo obnovení průtoku, přirovnáváme tlak v manžetě k tlaku v krevním řečišti.

#### 4.1.1 Auskultační metoda

Tato metoda se měří pomocí sfygmomanometru a pro poslech ozev se používá fonendoskop. Na levé paži je umístěna manžeta a po jejím nafouknutí se zastaví průtok krve brachiální arterií, jestliže se začne vzduch v manžetě pomalu vypouštět, tak v důsledku turbulentního proudění se začnou objevovat ozvy tzv. Korotkovovy zvuky, které jsou zaznamenávány fonendoskopem umístěným pod manžetou na brachiální arterii. Ve chvíli, kdy se zvuky objeví poprvé je hodnota rovna systolickému tlaku. Při dalším snižování tlaku v manžetě zcela vymizí turbulentní proudění a dojde k obnově laminárního proudění, což vede k vymizení i těchto zvuků, a ve chvíli, kdy zvuky vymizí, je tato hodnota připisována diastolickému tlaku. [1] [5]



Obr. 8 Auskultační metoda měření krevního tlaku [9]

### 4.1.2 Oscilometrická metoda

Pracuje na principu omezení průtoku krve v končetině a tím začne tepna oscilovat, mechanické oscilace jsou pak přenášeny na manžetu. Oscilace jsou způsobené rychlými změnami tlaku v manžetě, při jejím pomalém vypouštění. Pro měření oscilometrickou metodou jsou používány elektronické tonometry. [1] [5]

Výpočet středního tlaku:

$$MAP = \frac{SBP - DBP}{3} + DBP$$

## 4.2 Invazivní tlak

Invazivní měření krevního tlaku se uskutečňuje zavedením speciálního katétru do tepny, snímač krevního tlaku může být umístěn buďto mimo katétr i tělo (extravaskulární snímač) nebo je snímač umístěn na špičce katétru a zaváděn přímo do krevního řečiště (intravaskulární snímač). Invazivní metoda se používá především u pacientů ve vážném zdravotním stavu nebo u hospitalizovaných pacientů při monitorování životních funkcí nebo při různých vyšetřeních.

### 4.2.1 Intravaskulární invazivní metoda

Tato metoda využívá při měření tenzometrický snímač, který je umístěný na hrotu katétru. Signál je k vyhodnocení z čidla přenášen v analogově nebo v digitální podobě. Katétr není naplněn fyziologickým roztokem, tudíž nedochází k časovému zpoždění pulsové vlny. Výhodou této metody je přesnost měření (1 mmHg), avšak po aplikaci katétru do krevního řečiště již není možná kalibrace. Nevýhodou je vysoká cena.

### 4.2.2 Extravaskulární invazivní metoda

Tato metoda využívá snímače tlaku, který je vázaný s měřeným místem nejčastěji přes katétr naplněný roztokem. Rozlišujeme katétry pro měření centrálního nebo periferního tlaku. Pro monitorování periferního tlaku se využívají katétry s jedním otvorem, který je společný pro měření i odebírání krevních vzorků. Pro monitorování centrálního tlaku jsou používány Swan – Ganzovy katétry (vícetrubicové katétry). Swan – Ganzův katétr je úzká ohebná trubice, kterou vyplňuje nestlačitelná kapalina bez vzduchové bubliny, trubice je na cévní straně zakončena otvorem a na druhé straně je připojena měřicímu čidlu. [1] [5]

## 5 Měření tělesné teploty

Tělesná teplota je jednou z nejčastěji měřených veličin. Během dne se teplota každého člověka mění a zpravidla nabývá nejvyšších hodnot ve večerních hodinách. U malých dětí se teplota v průběhu dne mění častěji než v dospělosti, kdy je tělesná teplota během dne ustálenější, avšak její hodnota může být zvýšena v důsledku fyzické aktivity nebo z jiných příčin. Za normální teplotu je považována teplota  $36^{\circ}\text{C} - 37^{\circ}\text{C}$  závisí také na místě, kde je teplota měřena. [1] [5]

Místo měření	$t_{\text{norm}} [^{\circ}\text{C}]$
v podpaždí	34,7 – 37,3
rektální	36,6 – 38,0
v uchu	35,8 – 38,0
orální	35,5 – 37,5

Tab. 2 Teplota lidského těla v závislosti na měřeném místě [1]

### 5.1 Kontaktní měření teploty

Kontaktní měření teploty spočívá v přímém kontaktu teploměru s tkání, teplo je tedy přenášeno z tkáně přímo na teploměr. Využívají se rtuťové nebo elektronické teploměry. Ve zdravotnictví se pro měření teploty využívají termistory. Termistory jsou odporové polovodičové senzory, jejichž výhodou je nízká cena, prosté užití a dostatečná přesnost. Máme dva druhy termistorů. Prvním druhem jsou negistory, u nichž klesá odpor při rostoucí teplotě a pozistory, u kterých odpor naopak roste s rostoucí teplotou. Kontaktní metodou můžeme měřit teplotu nejčastěji např. v podpaždí, v dutině ústní, konečníku a uchu. [1]

#### 5.1.1 Rtuťové teploměry

Jsou kapalinové teploměry, k měření maximální teploty je u tohoto typu teploměru nutné zúžení kapiláry nad baňkou se rtutí. Rozsah teploměru je  $35 - 42^{\circ}\text{C}$ , jeden dílek stupnice je  $0,1^{\circ}\text{C}$ . Teploměr se musí před každým použitím sklepat, aby se rtuť vrátila zpět do baňky. Nevýhodou je pomalé měření (cca 8min). [1]

#### 5.1.2 Elektronické kontaktní teploměry

Výhodou je rychlé zjištění tělesné teploty. Teploměry jsou vybaveny LCD displejem a bateriovým napájením. Snímač teploty se nachází v kovové špičce teploměru, která se umísťuje nejčastěji do podpaží. Pro dlouhodobé snímání a zaznamenávání teploty se používají teplotní sondy, které se obvykle k měřenému místu na povrchu těla upevňují pomocí lepicí pásky. [1]



## **5.2 Bezkontaktní měření teploty**

Bezkontaktní měření teploty spočívá v tom, že teplo přenášené z tkáně na teploměr není přenášeno přímým kontaktem, ale prostřednictvím atmosféry. Jakákoli hmota, která má teplotu vyšší než je absolutní nula, vyzařuje infračervené záření. Pro měření bezkontaktní metodou se používají termografické kamery nebo ušní infra červený teploměr. [1]

### **5.2.1 Bezkontaktní infračervené senzory teploty**

Rozlišují se tepelné a kvantové senzory. U tepelných se využívá ohřátí citlivé vrstvy v důsledku dopadajícího infračerveného záření. Dochází ke změně elektrických vlastností vrstvy, v důsledku změny její teploty. Nejčastěji dochází ke změně odporu nebo kapacity, tudíž se jedná o senzory odporové nebo kapacitní bolometry. Kvantové detektory využívají fotoelektrického jevu u intrinzického polovodiče. [1]

### **5.2.2 Bezkontaktní ušní teploměr**

Tento typ teploměru funguje na základě snímání tepelného vyzařování ušního bubínku. Teplota ušního bubínku je nejlepším ukazatelem vnitřní tělesné teploty, neboť bubínek má společné cévní zásobení s hypothalamem a ten ovládá tělesnou teplotu. Při měření teploty využívá tato metoda odporového bolometru, který je umístěný ve speciální sondě zaváděné do ucha. [1]

### **5.2.3 Termografie v medicíně**

Výhodou termografických metod je získání informace o fyziologické činnosti tkání oproti jiným metodám. Teplotu je možné měřit i za pohybu a zaznamenávat tak její rychlé změny. Lze měřit buď neinvazivně nebo invazivně. Dnes se využívá pouze neinvazivní metoda a pro její měření se nejčastěji využívá termografická kamera. [1] [5]

## 6 Pletysmografie

Prostřednictvím této vyšetřovací metody je vyhodnocována kvalita prokrvení tkání a jsou podány informace o činnosti a schopnosti reakce cév. Schopnosti reakce cév se jsou zaznamenány při různých změnách, např. teplotních (při zahřívání prstů nebo naopak ochlazování prstů) nebo při aplikaci nitroglycerinu atd. Měří se neinvazivní metodou přístroji nazývanými pletysmografy, které snímají a zaznamenávají pulsovou vlnu. Rozlišuje se několik typů pletysmografů: mechanické, kapacitní, impedanční, fotoelektrické.[1]

### 6.1 Pneumatický pletysmograf

Prostřednictvím tohoto pletysmografu je možné zaznamenávat objemové změny v částech organismu, které je možno hermeticky uzavřít do uzavřeného prostoru. Měření se uskutečňuje tedy pouze na končetinách. Hlavní částí pletysmografu je komůrka ve které je utěsněná končetina pomocí nafukovací manžety. Uvnitř je komůrka spojená prostřednictvím trubice s pneumatickým zapisovacím systémem, který převádí tlakové změny v uzavřeném prostoru, vzniklé v důsledku objemových změn části končetiny na elektrický signál. Výhodou je snadná kalibrace a nevýhodou je, že měření probíhá pouze na končetinách, kde snímač působí proti snímání veličině. [1] [12]

### 6.2 Kapacitní pletysmograf

Rozdělují se podle principu snímání na kapacitní snímače s pružným dielektrikem a kapacitní snímače využívající část povrchu těla jako jednu z elektrod.

#### 6.2.1 Kapacitní pletysmograf s pružným dielektrikem

Při změnách objemu prstu dochází ke stlačování kondenzátoru a v důsledku toho dochází ke změnám kapacity snímače. Signál může být zaznamenán tehdy, jsou-li změny kapacity převedeny na změny napětí. Nevýhodou je, že proti objemovým změnám tkáně působí mechanický odpor snímače. [12]

#### 6.2.2 Kapacitní pletysmograf- povrch těla je součástí snímače

Pletysmograf funguje tak, že se měří kapacita mezi povrchem vyšetřovaného místa a mezi elektrodou, která je přiblížená k povrchu těla v určité vzdálenosti. V případě že dojde k pohybu vyšetřované tkáně, tak se změní kapacita mezi povrchem a elektrodou. Snímač může mít rovinný tvar, a nebo tvar rotačních těles. Výhodou je možnost snímání objemové změny kdekoli na těle a měřená tkáň není ovlivněna snímačem. V praxi použití této metody snímání může vyvolat problémy spojené s konstrukcí snímačů nebo problémy spojené s měřením kapacitních změn snímačů. [12]

### 6.3 Fotoelektrický pletysmograf

Tento typ snímače funguje na principu velkých rozdílů mezi extičními koeficienty krve nebo tkáně. Fotoelektrický pletysmograf může pracovat s průsvitovým nebo reflexním snímačem. Metoda se používá pro zaznamenávání a vyhodnocování objemových změn a také pro zaznamenávání tepové frekvence. Výhodou je jednoduchá konstrukce a nevýhodou je vysoká citlivost snímače na pohyb. [12]

## 7 Respirace

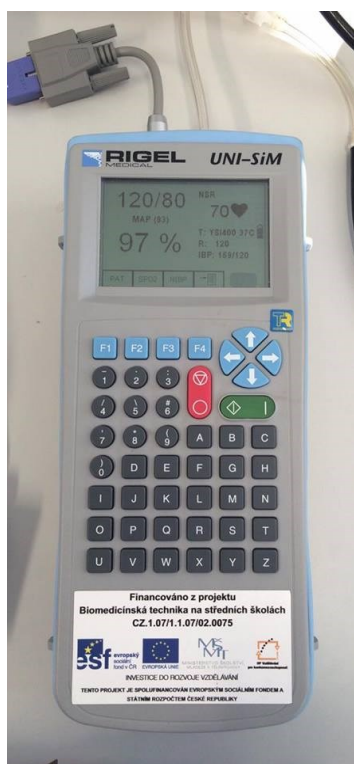
Dýchání je proces, při němž dochází k výměně plynů mezi organismem a vnějším prostředím. Probíhá výměna především kyslíku  $O_2$  a oxidu uhličitého  $CO_2$ . Minutový dechový objem je 6 - 7 L/min a frekvence 12 - 14 dechů/min. Rozlišujeme vnitřní a vnější respiraci. Vnější respirací je výměna plynů v plicích tzv. ventilace, do krve se dostává kyslík a z krve je vylučován oxid uhličitý. Průběh vnější respirace posuzuje spirometrie. Pro spirometrická vyšetření jsou využívány spirometry a pneumotachografy. Prostřednictvím těchto přístrojů jsou měřeny objemy a průtoky v plicích, k celkovému objemu plic, který není možno změřit přímo, se využívá celotělová pletysmografie. U vnitřní respirace se uskutečňuje výměna plynů mezi krví a orgány, které jsou krví zásobovány. Proces respirace je sledován především kvůli možnému výskytu poruch dýchání, jako jsou tachypnoe, bradypnoe nebo apnoe. Tachypnoe je zrychlené dýchání, které se vyskytuje při zvýšené tělesné námaze, což je fyziologické, avšak objeví-li se v klidovém stavu, tento stav může být vyvolán zejména těžkou srdeční nebo plicní chorobou. Bradypnoe znamená naopak pomalé dýchání a apnoe je zástava dechu, která je vyvolána těžkým onemocněním plic, srdce nebo mozku. Zástava dechu se může vyskytnout i ve spánku. [1]

## 8 Lékařské Simulátory

Jsou to zařízení, která slouží k simulaci vitálních funkcí lidského organismu. Prostřednictvím simulátorů je možno testování funkčnosti lékařských přístrojů nebo jiných systémů užívaných pro kontrolu z hlediska elektrické bezpečnosti a správnosti funkce přístroje. Pacientské simulátory jsou schopny simulovat mnoho fyziologických funkcí např. EKG, dýchání, invazivní tlak (IBP), neinvazivní tlak (NiBP), SpO<sub>2</sub> a teplotu. Ve zdravotnictví jsou také efektivní výukovou pomůckou a umožňují také nácvik základních vyšetřovacích metod i nácvik lékařského rozhodování. [2] [16]

### 8.1 Simulátor Riegel UNI-SiM

Jde o jedinečný přístroj, který má funkci 6 ti simulátorů životních funkcí sdružených do jednoho ručního přístroje. Má bateriové napájení a poskytuje funkce přístrojů pro simulaci NiBP, SpO<sub>2</sub>, EKG, teploty, respirace a IBP. Simulaci je možné provádět ručně nebo automaticky, přístroj má také možnost uložení až 10 000 záznamů. Srdeční tep je nastavený centrálně pro všechny simulace. Veškeré potřebné informace jsou zobrazeny na LCD displeji, který má modré podsvícení a černé písmo. Přístroj se ovládá alfanumerickou klávesnicí, čtyřmi programovatelnými tlačítky (F1 až F4), šipkami (nahoru, dolů, doprava, doleva). Červené tlačítko slouží pro vypnutí nebo zastavení a zelené je určeno pro zapnutí nebo k zahájení simulace. Na horní straně přístroje je vstup pro napájení a výstupy pro připojení dalšího příslušenství a simulaci jednotlivých signálů. Výstupy jsou pro simulaci teploty, 12 ti svodového EKG, NiBP, SpO<sub>2</sub> a IBP. [17]



Obr. 9 Riegel UNI-Sim (Univerzální simulátor biologických funkcí)

## 8.1.1 Specifikace

### 8.1.1.1 Simulace srdečních arytmií (EKG)

- simulace 12 ti svodového EKG s výstupem pro vysokou úroveň
- tepová frekvence 20 až 300 BPM
- přesnost  $\pm 2 \%$
- typy průběhů – sinus, obdélník, trojúhelník a puls
- průběhy – sinus (NSR), ST elevace, ST deprese, infarkt myokardu, Tall
- atriální arytmie – sinus arrhythmia (SA), missing beat, atrial flutter (AFLT), atrial fibrillation (AFB), paroxysmal atrial tachycardia (PAT), junctional premature contraction, 1° AV Block, 2° AV Block – Mobitz I, 2° AV Block Mobitz II, 3° AV Block right bundle branch block (RBB), left bundle branch block (LBB), left anterior hemiblock
- ventrikulární arytmie – premature ventricular contraction – intermittent premature ventricular contraction – continuous, bigeminy, trigeminy, ventricular flutter (VFLT) 240 BPM, ventricular fibrillation (VFB) 240 BPM, ventricular tachycardia (VTC) 210 BPM, right focal PVC
- průběhy kardiostimulátorů – synchronní a asynchronní srdeční rytmus
- kardiostimulátor – puls 60 BPM, komorový kardiostimulátor 70 BPM, síňokomorový kardiostimulátor 70 BPM, detekce R vln

### 8.1.1.2 Respirace

- simulace apnoe 0 až 60 s s intervalem 0 až 300 s
- rychlost – 5, 10, 15, 30, 60, 120, 180 dechů za minutu
- přesnost  $\pm 5 \%$  pro odpory 250, 500, 750, 1000  $\Omega$
- standardní nastavení 15 BPM/ 250  $\Omega$ / 0,1  $\Omega$

### 8.1.1.3 Nasycení krve kyslíkem (SpO<sub>2</sub>)

- rozsah 50 až 100 %
- přesnost  $\pm 1 \text{ BPM}$
- tepová frekvence 20 až 300 BPM
- chronometr – volba testovací odezvy monitoru SpO<sub>2</sub>

### 8.1.1.4 Neinvazivní simulace krevního tlaku

- simulační průběh – oscilometricky
- přesnost tlaku  $\pm 0,5 \%$
- digitální manometr 0 až 410 mmHg

- test úniku nastavitelně od 0 až 350 mmHg
- časomíra 0 až 999 s
- integrovaná pumpa - 0 až 350 mmHg
- jednotky tlaku – mmHg, inHg, k/ cm<sup>2</sup>, cmH2O, mBar, PSI, inH2O a Kpa

#### **8.1.1.5 Invazivní simulace krevního tlaku**

- 2 kanály pro měření invazivního tlaku
- statický (typizované hodnoty) 0 až 300 mmHg
- dynamický 0 až 300 mmHg pro systolický a diastolický tlak
- přesnost  $\pm 1$  mmHg
- budící napětí 2 až 16 V
- odpor 350  $\Omega$
- citlivost simulace 5  $\mu\text{V}/\text{V}/\text{mmHg}$

#### **8.1.1.6 Teplota**

- simulace YSI 400/ 700 Static
- rozsah od 25, 33, 37 a 41 °C
- přesnost  $\pm 1$  °C

#### **8.1.2 Základní parametry přístroje**

- bateriové napájení s možností dobíjení ze sítě 110 – 230 VAC, 50/ 60 Hz
- životnost baterií 8 hodin, může být uskutečněno 200 simulací NIBP
- kapacita paměti cca 5 000 záznamů
- bluetooth komunikační rozhraní
- displej – monochromatický, 1/4 VGA plně grafická
- alfanumerická klávesnice
- hmotnost < 1,5 kg
- rozměry 270 x 110 x 75 mm
- provozní podmínky 10 až 30 °C, 0 až 90 % RH – NC

- skladovací podmínky – 15 až + 60 °C
- krytí IP 40

## 8.2 Simulátor Fluke 7000DP

Je akumulátorem napájený přístroj, který je velmi přesný a slouží především pro testování externích defibrilátorů. Model 7000DP má navíc schopnost testování transkutánních kardiostimulátorů. Analyzátor je využíván technickými pracovníky v lékařských zařízeních pro provádění pravidelných kontrol v široké škále resuscitačních zařízení. Postupy pro testování jsou v menu přístroje. Výhodou simulátoru je jednoduché ovládání. [18]



Obr. 10 Simulátor Fluke 7000DP [18]

### 8.2.1. Základní parametry přístroje

- provozní teplota 10 °C až 40 °C
- skladovací teplota 20 °C až 60 °C
- vlhkost 10 až 90 % bez kondenzace
- LCD displej
- USB port pro počítačovou kontrolu
- režim provozu - manuální a dálkový
- napájení – nabíjecí baterie NiMH, po úplném nabití v provozu obvykle 9 hodin nebo přístroj může pracovat přímo v síti při nabíjení
- nabíjení 100 až 240 V na vstupu, na výstupu 15V/ 1,5 A
- krytí ABS plast
- rozměry 13 cm x 32 cm x 24 cm
- hmotnost 3 kg

## 8.2.2 Specifikace

### 8.2.2.1 Defibrilátor

- defibrilační výboje – Lown, Edmark, Trapezoidal, stejnosměrný bifazický, střídavý bifazický puls
- automatický rozsah měření 0,1 až 600 J
- přesnost  $\pm 1 \%$  (+ 0,1 J)
- zatěžovací odpor 50  $\Omega$
- šířka pulzů 1 až 50 ms (přesnost 0,1 ms)
- napětí 20 až 5000 V
- proud 0,4 až 100 A
- maximální průměrná spotřeba – 12 W se rovná 10 ti defibrilačním pulzům o energii 360 J každých 5 min
- EKG průběhy – normální sinusový rytmus (NSR) 30 – 180 BPM, fibrilace síní, monomorfni komorová tachykardie 120 – 240 BMP, asystolie

### 8.2.2.3 Simulace EKG

- simulace 12 ti svodového EKG
- impedance 100  $\Omega$
- přesnost  $\pm 1 \%$
- EKG sinusový průběh 30 až 360 BPM
- Průběhy - obdélníkový (2 a 0,125 Hz), trojúhelníkový (2 a 2,5 Hz), sinusový (0,05, 0,5, 5, 10, 40, 50, 60, 100, 150 a 200 Hz), puls (30 a 60 BPM, 60 ms šířka pulzů)
- R vlna - amplituda (0,5 a 0,45 V nebo 0,5 a 5 V), tep (30, 60, 80, 120, 200 a 250 BPM), šířka R vlny (8, 10, 12 ms a 20 až 200 ms), přesnost  $\pm 1 \%$  (při nastavení + 0,2 mV)
- odolnost proti rušení – sinusový průběh – frekvence 50 nebo 60 Hz ( $\pm 0,5$  Hz), amplituda 0 až 10, přesnost  $\pm 5 \%$
- výběr arytmií – supraventricular (supraventrikulární), atrial fibrillation (fibrilace síní), atrial flutter (kmitání síní), sinus arrhythmia (sinusová arytmie), missed beat (vynechání tepu), atrial tachycardia (síňová tachykardie), paroxysmal atrial tachycardia (paroxysmální síňová tachykardie – náhlé změny srdečního tepu), monomorphic ventricular tachycardia (monomorfni komorová tachykardie), polymorphic ventricular tachycardia (polymorfni komorová tachykardie), ventricular fibrillation (fibrilace komor), bigeminy (bigeminie – každý supraventrikulární stah je následován jednou extrasystolou), trigeminy (trigeminie – každé 2 supraventrikulární stahy jsou následovány jednou extrasystolou), asystole (asystolie – náhlá smrt)



#### 8.2.2.4 Specifikace transkutánního kardiostimulátoru

- zátěžový test – vstup defibrilátoru, zatížení 50  $\Omega$ , přesnost  $\pm 1 \%$ , výkon 10 defibrilačních pulsů o energii 360 J každých 5 min
- zátěžový test kardiostimulátoru – proměnné zatížení 50 až 1500  $\Omega$ , průměrný výkon 5W, přesnost  $\pm 1 \%$
- rozsah proudu 4 až 250 mA
- rozsah pulzů 5 až 800 PPM
- šířka pulzů 1 až 100 ms
- energie 1  $\mu$ J až 2 J

### 8.3 SpO<sub>2</sub> Simulátor Fluke Index 2XL

Přístroj umožňuje přesné ověření pulzních oxymetrů, je možné vyzkoušet si jejich funkčnost mnoha různými způsoby. Index 2XL poskytuje simulace, kterými lze provést důkladné testování pulzních oxymetrů, včetně testování optických senzorů. Je zajištěn spolehlivý způsob měření stavu a výkonnosti oxymetrů. Zařízení využívá pro simulaci virtuální náhradu za pacientův ukazováček, na přístroji je možné nastavit různé hodnoty saturace kyslíku v krvi odpovídající např. pro geriatriky, novorozence, děti, dospělé jedince atd. Pomocí tohoto přístroje mohou být elektricky ověřovány také diody, kontinuity drátu, led diody. [19]

#### 8.3.1 Specifikace zařízení

- % O<sub>2</sub> - rozsah 35 až 100 %, rozlišení 1 %, přesnost (100 až 75 %:  $\pm 1 \%$ , 74 až 50 % :  $\pm 3 \%$ )
- srdeční frekvence 30 až 250 BPM, přesnost 1 % ( $\pm 1$  BPM)
- amplituda pulsů 0 až 20 %
- výdrž baterie za nepřetržitého provozu nejméně 4 hodin
- odporový test sondy – rozsah 250  $\Omega$  až 150 k $\Omega$  (přesnost  $\pm 5 \%$ )
- test napětí LED diod – měření úbytku napětí na červené LED, infračervené LED a fotodetektoru, testovací signál je generován vnitřně (proud 1 mA, měřicí rozsah 0 až 4 V, přesnost 5 %)

#### 8.3.2 Základní funkce

- simulace saturace kyslíku v krvi (SpO<sub>2</sub>) v úrovni 35 % až 100 % (po krocích 1 %)
- kompletní testování prostřednictvím sondy opticky nebo elektronicky
- nastavení proměnné tepové frekvence od 30 až 250 tepů za minutu
- přednastavené podmínky simulace pro různé typy pacientů

- test alarmu
- programovatelné auto sekvence
- uživatelské rozhraní – ovládání programovatelnými tlačítky, LCD displej má 24 alfanumerických znaků a 2 řádky
- možnost počítačové kontroly
- nabíjecí baterie – výdrž až 8 hodin, přístroj je vybaven vestavěným ukazatelem stavu baterie

## 8.4 Simulátor invazivního tlaku

Simulátor pro měření invazivního tlaku, který byl použit v práci, je výrobkem VŠB – TU v Ostravě. Je to jasná volba pro biomedicínské inženýrství a široké spektrum servisních techniků, kteří využívají účel tohoto zařízení. Přístroj se používá k simulaci krevního tlaku, další funkcí je např. simulace dynamické křivky krevního tlaku, nastavení simulace vlastní křivky. Dále je simulátor vybaven USB portem a má jednoduché čtyřtlačítkové rozhraní, je možná také práce s daty v programu Matlab.

### 8.4.1 Základní parametry

- rozměry 14 cm x 13,5 cm x 5,5 cm
- hmotnost 0,63 kg
- LCD displej má 20 znaků x 4 řádky
- vlhkost 10 až 80 %
- uživatelské rozhraní – 4 tlačítka pro ovládání
- mini USB port
- napájení 230 VAC
- 4 pinový IBP konektor
- maximální spotřeba 5 W

### 8.4.2 Specifikace

- vstupní odpor 3700  $\Omega$
- výstupní odpor 300  $\Omega$
- rozsah vstupního napětí 1 až 10 VDC
- citlivost snímače 5  $\mu\text{V/V/mmHg}$
- tlakový rozsah na výstupu 30 až 300 mmHg

- přesnost  $\pm 1$  mmHg
- statické rozlišení TK 0,06 mmHg
- dynamické rozlišení TK 0,33 mmHg
- vstupní napětí při měření 0,19 mV
- 1 kanál
- měření v rozsahu - 25 až 25 mmHg

## 8.5 Fluke 1523 referenční teploměr

Nový typ referenčního teploměru umožňuje měření, sledování průběhu grafu a zaznamenávání tří typů snímačů. Přístroj poskytuje vysokou přesnost a měření v širokém rozsahu. Je lehký a má malé rozměry, je vhodný pro přenášení podle potřeby. [20]

### 8.5.1 Specifikace

- provozní teplota 10 °C až 60 °C
- skladovací teplota 20 °C až 70 °C
- provozní výška 10 000 m nad mořem
- relativní vlhkost 0 % až 90 %
- vibrace 5 až 500 Hz
- požadavky na napájení – 3 tužkové baterie, 12 V DC univerzální zdroj napájení
- rozměry 96 mm x 200 mm x 47 mm
- hmotnost 0,65 kg

## **9 Návrh a postupný vývoj řešení**

### **9.1 Představa řešení**

Tato bakalářská práce se zabývá patientskými monitory a ověřením jejich funkčnosti, prostřednictvím simulátorů fyziologických funkcí lidského organismu. Prvním krokem je nastavení hraničních limitů pro jednotlivé fyziologické funkce, které jsou měřeny. Dalším krokem je naměření jednotlivých parametrů na fyzické osobě a zapsání výsledných hodnot do tabulek. V třetí části jsou prostřednictvím simulátorů postupně nasimulovány jednotlivé fyziologické funkce, tak aby byly narušovány nastavené hraniční limity a vyvolány alarmové reakce. Následně budou zapsány a zhodnoceny výsledky všech uskutečněných testů.

### **9.2 Výsledné řešení**

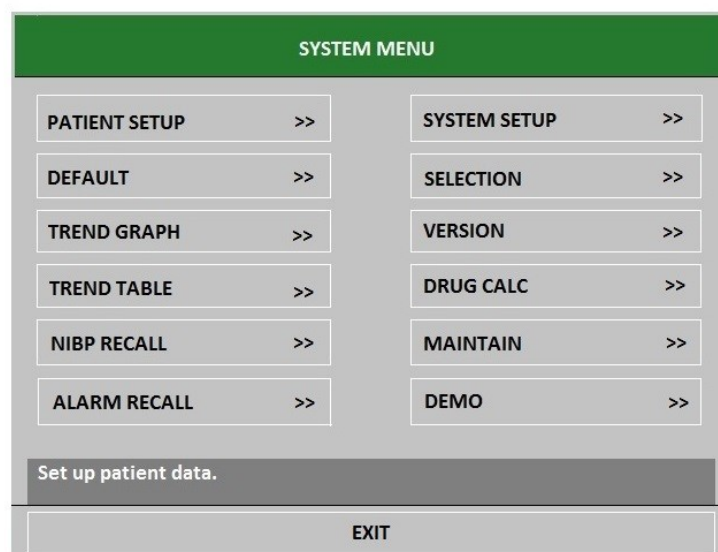
Podstatou ověření funkčnosti patientských monitorů je ověření správné činnosti alarmů fyziologických funkcí. Na monitorech je nastavován horní a dolní limit alarmu všech měřených parametrů. Pro každý parametr jsou pomocí simulátoru nastavovány 3 různé hodnoty. Jeden parametr odpovídá fyziologické hodnotě a náleží tak intervalu mezních hodnot. Zbývající dvě nasimulované hodnoty jsou nastaveny tak, aby jedna překročila horní limit alarmu a druhá spodní limit alarmu. Monitor má správnou funkci tehdy, jestliže v případě nasimulovaných hodnot překračující horní a spodní limit je hlášen alarm. Pokud přístroj alarm nehlásí nebo hlásí v nepravou chvíli, tak nepracuje monitor správně a nemůže být uveden do provozu, dokud není problém odstraněn.

### **9.3 Postup řešení**

V této kapitole bude popsán veškerý postup řešení této práce v chronologickém pořadí tak, jak k němu docházelo.

### **9.4 Funkce a nastavení parametrů monitoru Ekona PM6000**

Tato kapitola se zabývá systémovým nastavením monitoru Ekona PM6000. Po zapnutí přístroje poskytuje standardní monitorovací obrazovka následující informace: číslo lůžka, typ pacienta, datum, jméno pacienta, zjištěné parametry pacienta, křivky, alarmové informace. Naráz může být zobrazeno 5 křivek. Na monitoru jsou měřeny tyto parametry: EKG, SpO<sub>2</sub>, NIBP, IBP, RESP, TEMP. Před zahájením měření se provádí nastavení funkcí pro jednotlivé operace prováděné na přístroji dle potřeby. Modulátor PM6000 má flexibilní konfiguraci. Je možné nakonfigurovat monitor pro různé případy, včetně vložení parametrů pro monitorování, rychlost křivek, hlasitost audio signálů a tiskové výstupy.



Obr. 11 Hlavní nabídka v menu monitoru EKONA

Na obrázku č. 11 je vidět hlavní nabídka v menu přístroje, do menu se lze dostat stisknutím tlačítka menu na čelní straně modulového boxu. Tato nabídka poskytuje řadu informací, které mohou být nastaveny. Nabídka PATIENT SETUP poskytuje možnost nastavení veškerých údajů o pacientovi např. jméno pacienta, pohlaví pacienta, typ pacienta, číslo pacienta, číslo pacientovy postele, jméno lékaře, datum narození, váha, výška, krevní skupina atd. V pod menu DEFAULT lze vybrat jak tovární standard, tak standard definovaný uživatelem, lze uložit také současnou konfiguraci. PM6000 může ukládat 72 hodinová data trendů všech parametrů, 400 výsledků z měření NIBP a 60 alarmových událostí k tomu slouží části TREND GRAPH a TREND TABLE. Pod menu NIBP RECALL slouží k vyvolání menu pro nastavení při měření NIBP. Prostřednictvím ALARM RECALL jde nastavit parametry alarmu. Položka SELECTION plní funkci korigování hlasitosti, zajišťuje online pomoc při operacích s menu. Systém může zobrazit alarmová omezení. Oddíl VERSION umožňuje rozpoznání verze softwaru monitoru. DRUG CALC se užívá k výpočtu léku a k výpočtu koncentrace 15 ti druhů léčiv. Složka MAINTAIN poskytuje údržbu, nastavení jazyku, styly monitorování a hlasitost alarmu. Účelem funkce DEMO je předvedení křivek a pouhá ukázka přístroje k zaškolení.

SYSTEM SETUP	
FACE SELECT >>	ANALOG >>
ALARM SETUP >>	MODULE SETUP >>
TIME SETUP >>	TRACE SETUP >>
RECORD >>	MARK EVENT >>
EXIT	

Obr. 12 Systémové nastavení monitoru

Na obrázku č. 12 je nabídka systémového nastavení (SYSTEM SETUP). Část FACE SELECT je určena k výběru způsobu zobrazení. ALARM SETUP poskytuje nastavení hlasitosti alarmu, délku alarmu atd. Funkce TIME SETUP je určena k nastavení časových údajů. V pod menu RECORD může uživatel nastavit veškeré parametry nahrávání. ANALOG slouží k výběru křivky pro analogový výstup. V MODULE SETUP lze vybrat měřené parametry, zobrazené v tomto menu. To eliminuje rušení parametry, které nevyžadují pozornost. Pomocí TRACE SETUP se vybírají křivky, které budou měřeny. Nastavení událostí se provádí v MARK EVENT.

Pro zjištění správné funkce monitorů je nutné provést nastavení hraničních hodnot alarmů, pro každý měřený parametr zvlášť.

ECG SETUP			
HR ALM	ON ▼	HR CHANNEL	CH1 ▼
ALM LEV	MED ▼	LEAD TYPE	3 LEADS ▼
ALM REC	OFF ▼	SWEEP	25.0 ▼
ALM HI	120 ▲▼	ST ANALYSIS >>	
ALM LO	50 ▲▼	ARR ANALYSIS >>	
HR FROM	ECG ▼	OTHER SETUP >>	
Access the sub-menu in which more items can be set.			
EXIT			

Obr. 13 Nabídka pro nastavení alarmových limitů EKG

Na obrázku č. 13 je ukázka nastavení alarmových limitů pro EKG. Do nabídky EKG SETUP se uživatel dostane stisknutím tlačítka setup na EKG modulu v modulové skříni nebo označením klávesy EKG v oblasti parametrů na hlavní obrazovce. Stejný postup platí pro všechny měřené parametry, aby se uživatel dostal do nabídky příslušné funkce, tak musí stisknout tlačítko setup na vybraném modulu nebo označením klávesy dané funkce na hlavní obrazovce. U obou měřených tlaků se nastavují alarmové limity pro systolický, diastolický a střední tlak. Pro IBP jsou určeny dva měřící kanály, prostřednictvím kanálu CH1 se měří arteriální tlak a kanálem CH2 centrální žilní tlak. Před zahájením měření je nutné provést nulování. Po zmáčknutí tlačítka ZERO na modulu invazivního tlaku se objeví okno, v němž se vybere kanál (CH1, CH2), poté se kliknutím potvrdí nulování. Jestliže proběhne proces nulování v pořádku, může být zahájeno měření.

#### 9.4.1 Reálné měření

Na monitoru proběhlo postupné měření vitálních funkcí. Naměřeno bylo EKG třemi končetinovými svody, SpO<sub>2</sub> pulzním prstovým snímačem, NIBP nafukovací manžetou, TEMP teplotním čidlem a dechová křivka byla zaznamenána při měření EKG. V průběhu zaznamenávání byly odzkoušeny funkce monitoru např. nastavení velikosti amplitudy zaznamenávané křivky (0,5 mV, 1 mV), rychlost nahrávání (12,5 mm/s, 25 mm/s, 50 mm/s), zmrazení křivky, zobrazení křivky dle výběru, nastavení údajů o pacientovi aj. V tabulce č. 3 jsou výsledné naměřené hodnoty.

Měřená funkce	Normální hodnoty	Naměřené hodnoty
EKG	60 – 90 tepů/min	80 tepů/ min
SpO <sub>2</sub>	95 – 99%	98%
RESP	15 – 25 dechů/min	15 dechů/min
NIBP	120/80	109/59
TEMP	podpaždí 34,7 – 37,3 °C	35,4 °C

Tab. 3 Výsledky reálného měření na monitoru EKONA

#### 9.4.2 Testování

Podle tabulky č. 4 byly nastaveny na monitoru mezní hodnoty alarmů pro jednotlivé fyziologické funkce. V tabulce nejsou uvedeny limity pro teplotu, přesnost měření teploty bude ověřena přístrojem Fluke 1523.

Testovaná funkce	Meze alarmu
EKG	50 - 120 tepů/min
SpO <sub>2</sub>	90 - 100 %
NIBP	SYS: 75 – 150 mmHg DIA: 50 – 90 mmHg Mean: 60 – 110 mmHg
IBP1 (ART)	SYS: 75 – 150 mmHg DIA: 50 – 90 mmHg Mean: 60 – 110 mmHg
IBP2 (CVP)	SYS: 10 – 20 mmHg DIA: 5 – 15 mmHg Mean: 7 – 10 mmHg

Tab. 4 Alarmové limity měřených funkcí na monitoru EKONA

Podle tabulky č. 5 byly nasimulovány mnou stanovené hodnoty uvedených fyziologických funkcí. Tabulka uvádí vždy 3 různé hodnoty, které byly simulovány pro měření jednotlivých parametrů. Testování probíhalo postupným střídáním simulátorů, pro každou měřenou funkci byl použit jiný simulátor. Vždy jedna z uvedených hodnot náleží limitnímu intervalu, ostatní hodnoty v případě správné funkčnosti přístroje musí být zahlášeny alarmem.

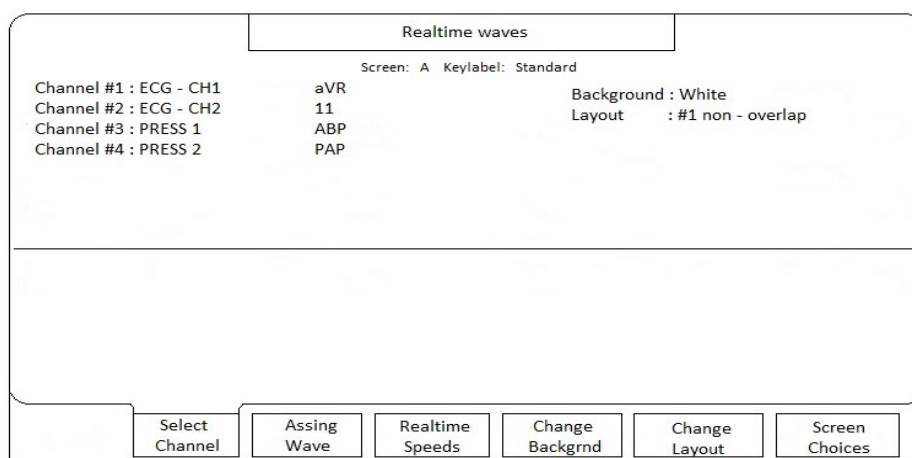
Testovaná funkce	Simulované hodnoty
EKG	40 tepů/min
	60 tepů/min
	160 tepů/ min
SpO <sub>2</sub>	81%
	98%
	102%
NIBP	80/40
	120/80
	220/180
IBP1 (ART)	65/40
	100/80
	169/77
IBP2 (CVP)	7/3
	16/10
	25/20

Tab. 5 Přehled simulovaných hodnot pro monitor EKONA



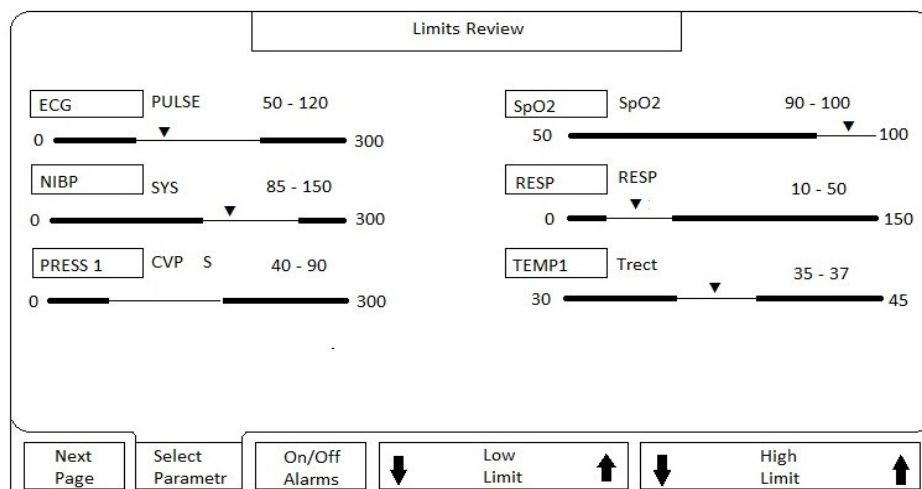
## 9.5 Funkce a nastavení parametrů monitoru HP M1205A

Modulární monitor HP poskytuje široký rozsah nastavení. V této kapitole jsou popsány některé vlastnosti systému, které lze měnit během monitorování. Na obrázku č. 14 je úkolové okno reálných křivek, do kterého se uživatel dostane stisknutím klávesy MONITOR SETUP na hlavním panelu přístroje, poté zvolením nabídky DISPLAY CONFIG. Výběrem pod okna SELECT CHANNEL se vyberou křivky dle potřeby, ASSING WAVE slouží k přiřazení křivky ke zvolenému kanálu na displeji, okno REALTIME SPEEDS je určeno ke změně rychlosti nahrávání dle vlastního výběru, změna pozadí se nastavuje výběrem CHANGE BACKGRND, přes CHANGE LAYOUT se organizuje uspořádání křivek na displeji a SCREEN CHOICES je určeno k výběru reálného zobrazení na obrazovce.



Obr. 14 Ukázka nabídky změny nastavení monitoru HP

Pro zjištění správné funkce monitorů je nutné provést nastavení hraničních hodnot alarmů pro každý měřený parametr. Do téhle nabídky nastavení se lze dostat stisknutím tlačítka ALARM na hlavním panelu přístroje, poté výběrem okna LIMITS REVIEW. K zobrazení všech mezních hodnot výstrah slouží okno SELECT PARAMETER viz obrázek 15.



Obr. 15 Nastavení mezních hodnot alarmu na monitoru HP

### 9.5.1 Reálné měření

Na monitoru proběhlo také postupné měření fyziologických funkcí. Naměřeno bylo EKG, dechová křivka, SpO<sub>2</sub>, neinvazivní tlak. Na monitoru HP neproběhlo měření teploty z důvodu nesprávné kompatibility teplotního čidla s modulem pro měření teploty. Po dobu měření byly odzkoušeny různé funkce monitoru HP např. přiřazení křivky vybranému kanálu, rychlost záznamu, změna pozadí obrazovky, nastavení časových údajů aj. Výsledky naměřených hodnot jsou uvedeny v tabulce č. 6.

Měřená funkce	Normální hodnoty	Naměřené hodnoty
EKG	60 – 90 tepů/min	74 tepů/ min
SpO <sub>2</sub>	95 – 99%	98%
RESP	15 – 25 dechů/min	15 dechů/min
NIBP	120/80	101/58

Tab. 6 Výsledky reálného měření na monitoru HP

### 9.5.2 Testování

Podle tabulky č. 7 byly nastaveny na monitoru mezní hodnoty alarmů pro jednotlivé fyziologické funkce.

Testovaná funkce	Meze alarmu
EKG	50 - 120 tepů/min
SpO <sub>2</sub>	90 - 100 %
NIBP	SYS: 85 – 150 mmHg DIA: 45 – 90 mmHg Mean: 60 – 110 mmHg

Tab. 7 Alarmové limity měřených funkcí na monitoru HP

Podle tabulky č. 8 byly nasimulovány mnou stanovené hodnoty uvedených fyziologických funkcí. Tabulka uvádí vždy 3 různé hodnoty, které byly simulovány pro měření jednotlivých parametrů. Testování probíhalo postupným střídáním simulátorů, pro každou měřenou funkci byl použit jiný simulátor. Vždy jedna z uvedených hodnot náleží limitnímu intervalu, zbylé hodnoty

v případě správné funkčnosti přístroje musí být zahlášeny alarmem. Invazivní tlak nebyl u přístroje HP simulován z důvodu nesprávné kompatibility simulátoru a modulu pro měření IBP.

Testovaná funkce	Simulované hodnoty
EKG	45 tepů/min
	70 tepů/min
	160 tepů/ min
SpO <sub>2</sub>	85%
	95%
	105%
NIBP	60/40
	120/80
	160/120

Tab. 8 Přehled simulovaných hodnot pro monitor HP

## 9.6 Výsledky

Při testování byly sledovány simulované hodnoty, které přístroj naměřil, důležité bylo spuštění alarmu při překročení nastavených hraničních hodnot. Jestliže přístroj při překročení nevydá signalizaci alarmem, tak nemá správné funkční vlastnosti a aby mohl být uveden do provozu, musí být opraven. Výsledky jsou uvedeny v následujících tabulkách.

### 9.6.1 Výsledky testování monitoru EKONA PM6000

V tabulce č. 9 jsou uvedeny výsledky průběhu testování alarmu monitoru EKONA. Při testování neinvazivního tlaku simulátorem Rigel UNI - SiM došlo k odchylkám měření, u systolického tlaku byla odchylka měření 8 mmHg a u diastolického tlaku byla odchylka 3 mmHg. Další průběhy měření byly zcela přesné. Monitor je plně funkční, všechny alarmové signalizace byly zahlášeny ve správnou chvíli. Dále proběhla zkouška nasimulování různých srdečních arytmií, na které přístroj také správně upozornil.

Testovaná funkce	Naměřené hodnoty	Alarmová signalizace
EKG	40 tepů/min	ANO
	60 tepů/min	NE
	160 tepů/ min	ANO
SpO <sub>2</sub>	81%	ANO
	98%	NE
	102%	ANO
NIBP	88/43	ANO
	128/83	NE
	228/183	ANO
IBP1 (ART)	60/40	ANO
	100/80	NE
	169/77	ANO
IBP2 (CVP)	7/3	ANO
	16/10	NE
	25/20	ANO

Tab. 9 Výsledky testování alarmu na monitoru EKONA

Ověření teploty proběhlo referenčním teploměrem Fluke 1523. V tabulce č. 10 je uvedena naměřená hodnota prostřednictvím monitoru Ekona a hodnota naměřená přístrojem Fluke 1523. Relativní chyba měření je 2,29 %.

Naměřená hodnota Ekona	Naměřená hodnota Fluke 1523
TEMP	TEMP
35,4	36,211

Tab. 10 Porovnání výsledků naměřené teploty

V tabulce č. 11 jsou uvedeny výsledky nasimulovaných srdečních arytmií. Přístroj na ně správně upozornil prostřednictvím alarmového hlášení.

Simulovaná arytmie	Naměřené hodnoty	Alarmová signalizace
Fibrilace síní	103 tepů/min	ANO
Fibrilace komor	0 tepů/min	ANO
Vynechání tepu	80 tepů/ min	ANO

Tab. 11 Výsledky simulace srdečních arytmií na monitoru Ekona

### 9.6.2 Výsledky testování monitoru HP M1205A

V tabulce č. 12 jsou uvedeny výsledky průběhu testování monitoru HP. Při testování neinvazivního tlaku simulátorem Rigel UNI – SiM došlo také k odchylkám měření, u systolického tlaku byla odchylka 7 mmHg a 6 mmHg. U diastolického tlaku byla odchylka

8 mmHg a 7 mmHg. Simulování ostatních biologických funkcí proběhlo naprosto přesně. Monitor je plně funkční, v případě překročení nastaveného limitu, spustil přístroj alarm. Dále proběhla zkouška nasimulování různých srdečních arytmí, na které přístroj také správně upozornil.

Testovaná funkce	Naměřené hodnoty	Alarmová signalizace
EKG	45 tepů/min	ANO
	70 tepů/min	NE
	160 tepů/ min	ANO
SpO <sub>2</sub>	85%	ANO
	95%	NE
	105%	ANO
NIBP	54/22	ANO
	113/73	NE
	153/113	ANO

Tab. 12 Výsledky testování alarmu na monitoru HP

V tabulce č. 13 jsou uvedeny výsledky nasimulovaných srdečních arytmí. Monitor na ně správně upozornil alarmem. Přístroj má správnou funkci a může být uveden do provozu.

Simulovaná arytmie	Naměřené hodnoty	Alarmová signalizace
Fibrilace síní	103 tepů/min	ANO
Fibrilace komor	0 tepů/min	ANO
Síňová tachykardie	160 tepů/ min	ANO

Tab. 13 Výsledky simulace srdečních arytmí na monitoru HP

## 10 Návrh laboratorní úlohy

### Cíl úlohy

Prostřednictvím této laboratorní úlohy se naučíte:

- pochopit princip fungování patientských monitorů v lůžkových zdravotnických zařízeních
- pracovat s možnostmi kalibrace daných monitorů
- měřit jednotlivé biologické signály na fyzické osobě a na simulátorech
- ověření funkčnosti monitorů v případě, nastane-li změna činnosti fyziologických funkcí (např. srdeční arytmie) nebo chyba v zapojení, popřípadě porucha přístroje
- porovnat a vyhodnotit výsledky jednotlivých měření

### Zadání

1. Seznamte se s jednotlivými funkcemi monitorů a biosignály používanými pro monitorování pacienta na lůžku. Popište funkce všech tlačítek umístěných na hlavním panelu modulového boxu.
2. Postupně na monitoru EKONA PM6000 nastavte libovolné alarmové limity pro všechny měřené parametry.
3. Na monitoru EKONA proveďte měření na fyzické osobě, měřeny budou tyto parametry: EKG, RESP, NIBP, SPO<sub>2</sub>, TEMP. Poté proveďte postupně měření na jednotlivých simulátorech, prostřednictvím simulátorů nasimulujte vždy tři Vámi zvolené hodnoty, tak aby vždy dvě hodnoty překročily horní a spodní alarmovou mez. Testovány budou tyto parametry: EKG, SpO<sub>2</sub>, NIBP, IBP. Hodnotu naměřené teploty porovnejte pomocí přístroje Fluke 1523. Všechny naměřené hodnoty zaznamenejte do tabulek, přiložte fotografii z měření.
4. Postupně na monitoru HP M1205A nastavte libovolné alarmové limity pro všechny měřené parametry.
5. Na monitoru HP proveďte také měření na fyzické osobě, měřeny budou tyto parametry: EKG, NIBP, SpO<sub>2</sub>. Poté proveďte postupně měření na jednotlivých simulátorech, prostřednictvím simulátorů nasimulujte vždy tři Vámi zvolené hodnoty, tak aby vždy dvě hodnoty překročily horní a spodní alarmovou mez. Testovány budou tyto parametry: EKG, SpO<sub>2</sub>, NIBP. Všechny naměřené hodnoty zaznamenejte do tabulek, přiložte fotografii z měření.
6. Vyhodnoťte funkčnost alarmových signalizací a vypočtěte relativní chybu měření.

### Předpokládané znalosti

Pro tuto úlohu se vyžaduje nastudování:

- Návodu k obsluze patientského monitoru Ekona PM6000 a HP M1205A
- Návodů k obsluze jednotlivých simulátorů Rigel UNI – SiM (NIBP), Fluke 7000DP (EKG), Fluke Index 2XL (SpO<sub>2</sub>), Fluke 1523 Reference Thermometer (TEMP), školní simulátor invazivního tlaku

- Biologické signály a jejich zpracování  
[Lékařské Diagnostické přístroje, kapitola 3, M. Penhaker, M. Imramovský, P. Tiefenbach a F. Kobza]  
[Biologické signály 1, J. Svatoš]  
[Elektronické přístroje v lékařství, kapitola 1, J. Rozman a kolektiv]
- Měření EKG, RESP, IBP, NIBP, měření teploty a  $\text{SpO}_2$   
[Lékařské Diagnostické přístroje, M. Penhaker, M. Imramovský, P. Tiefenbach a F. Kobza]  
[Zdravotnické elektrické přístroje 1, M. Penhaker, M. Augustynek]
- Teoretický rozbor v této laboratorní úloze

## Použité vybavení

- Pacientský monitor Ekona PM6000 a HP M1205A
- 3 končetinové elektrody pro měření EKG
- Příslušná manžeta patřící k přístroji pro měření NIBP
- Teplotní čidlo
- Prstový snímač pro měření  $\text{SpO}_2$  patřící k přístroji
- Přístroj Fluke 1523 pro ověření teploty
- Simulátor pro měření IBP a simulátor pro měření NIBP Rigel UNI- SiM
- Simulátor pro měření EKG Fluke 7000DP
- Simulátor pro měření  $\text{SpO}_2$  Fluke Index 2XL

## Teoretický rozbor

Monitorování je děj, který umožňuje sledování základních životních funkcí a je nezbytnou součástí, jak v intenzivní, tak v urgentní medicíně. Sledování může probíhat nepřetržitě, spojitě nebo se pravidelně opakovat v intervalech. Proces monitorace informuje lékaře o změnách pacientova stavu v důsledku chorobných změn nebo v důsledku změn z aplikované léčby a může tím přispět k lepší prognóze kriticky nemocných pacientů. Výsledná měření jsou podkladem k dalšímu postupu v léčbě. K vyhodnocování a sledování slouží pacientské monitory. Monitory jsou elektronická zařízení, která jsou určena k dlouhodobému sledování fyziologických funkcí, k jejich zpracování a záznamu. Rozlišujeme monitory centrální a modulární. Centrální monitory slouží ke hromadnému zobrazování křivek jednotlivých pacientských monitorů na lůžkových odděleních v nemocničních zařízeních, např. na jednotkách intenzivní péče. Modulární monitory jsou standardními monitory, u kterých můžeme přidávat a oddělovat moduly pro měření různých parametrů, které jsou pro každého pacienta individuální.

Technická úroveň a vlastnosti monitorovacích přístrojů byly ovlivněny prudkým rozvojem v oblasti elektroniky a výpočetní techniky. Prvotní analogové přístroje nahradily již dokonalé moderní přístroje, které umožňují monitorovat velkou škálu biologických signálů. Na základě vyhodnocení signálů v reálném čase, lze provádět analýzu těchto signálů, které informují o stavu pacienta a jsou návodem při dalším postupu léčby. Při dlouhodobém monitorování životních funkcí musí jejich hodnoty splňovat předem stanovené meze, jestliže tyto meze hodnoty překročí, měl by poplašný systém přístroje na tuto skutečnost upozornit. Proto je nutné provádět pravidelné metrologické kontroly, pro ověření funkcionality pacientských monitorů a jiných nemocničních měřidel. Kontroly

se nejčastěji provádí pomocí simulátorů. Simulátory jsou zařízení, která slouží k simulování základních životních funkcí a jsou určeny k testování zdravotnických přístrojů, čímž je ověřena jejich správná funkce.

## Pracovní postup

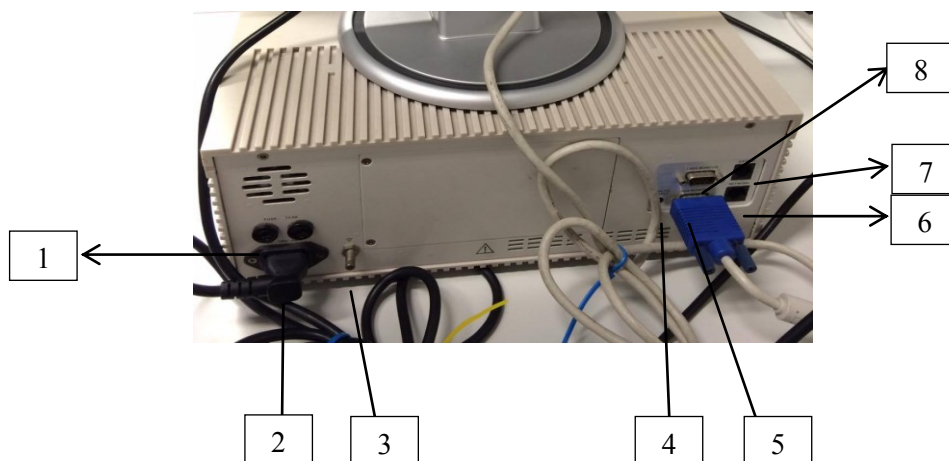
Pro splnění tohoto úkolu je potřeba pečlivé nastudování materiálů v kapitole předpokládané znalosti, na základě získaných informací pochopíte práci s patientskými monitory. Seznámíte se s biosignály, které budete měřit, naučíte se pracovat s nastavením monitorů a využívat jejich funkce.

### Postup k bodu č. 1 zadání

*Seznamte se s jednotlivými funkcemi monitorů a biosignály používanými pro monitorování pacienta na lůžku. Popište funkce všech tlačítek umístěných na hlavním panelu modulového boxu. K tomuto bodu zadání je potřeba využití informací z nastudovaných materiálů v kapitole předpokládané znalosti.*

#### Ekona PM6000

- Napájecí kabel zapojte do modulového boxu, dále je nutno také propojit nezávislý monitor s modulovým boxem. (zapojení viz obrázek 1.1)
- Moduly můžeme do modulové skříně buďto vkládat a tím rozšířit přístroj o další funkci, kterou potřebujeme nebo můžeme moduly také odebírat. (viz uživatelská příručka přístroje)
- Spínač monitoru se nachází v pravé části čelní skříně, pod třemi světelnými indikátory, které nás informují o provozu přístroje. (viz obrázek 1.2 popis monitoru zepředu)
- Vstupní konektory pro připojení kabelů k jednotlivým měřením nalezneme na přední části příslušného modulu, který chceme měřit

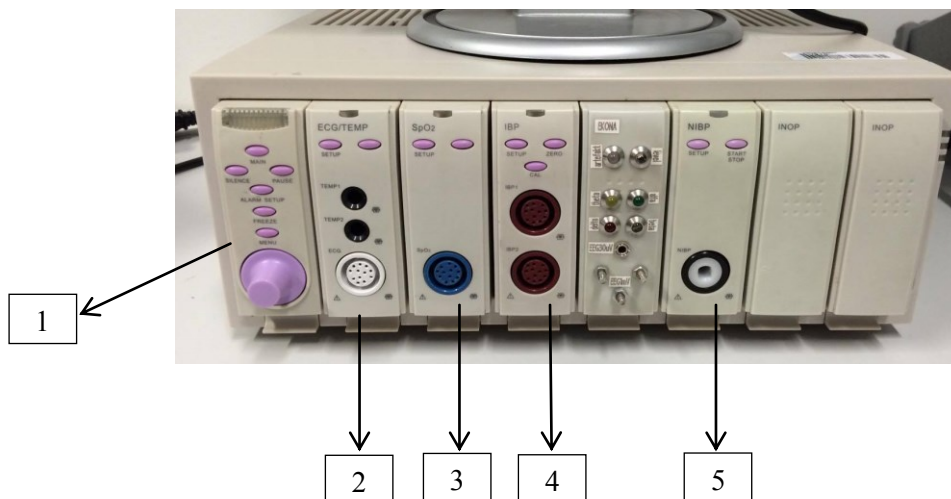


Obr. 1.1 Zapojení monitoru EKONA PM6000

1. Pojistky: Pojistka Standard T 0,3 A
2. Napájení: 100/250 (VAC), 50/60 (Hz)
3. Potencionální uzemnění: Pro spojení s nemocničním uzemňovacím systémem.
4. Analogový výstup: užívá se pro analogový výstup, je možné jej spojit s oscilometrem.



5. VGA Monitor: je možné spojit s externím VGA monitorem.
6. Ethernet síť: pro spojení s centrálním monitorem – konektor RJ45.
7. Servisní konektor: používá se pro programování a upgrade.
8. LVDS Monitor: je možné napojit s displejem poskytovaným dodavatelem.

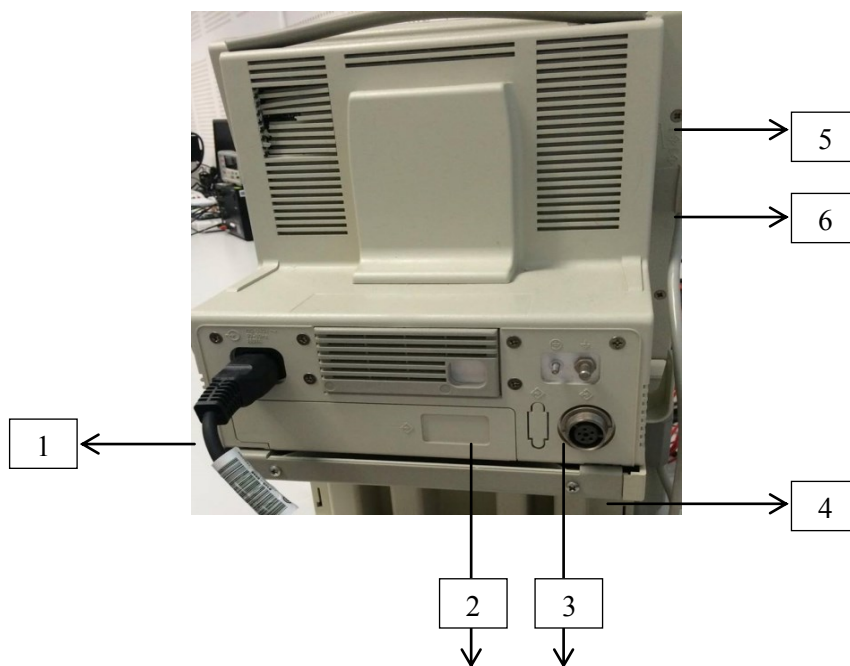


Obr. 1.2 Popis funkčních bloků monitoru Ekona PM6000

1. Modul ovládání – ovládací knoflík, tlačítka main, silence, pause, alarm setup, freeze, menu
2. Modul EKG/ RESP + TEMP (2 kanály měření teploty)
3. Modul SpO<sub>2</sub> (standardní modul)
4. Modul IBP (2 kanály měření IBP, standardní modul)
5. Modul NIBP (standardní modul)

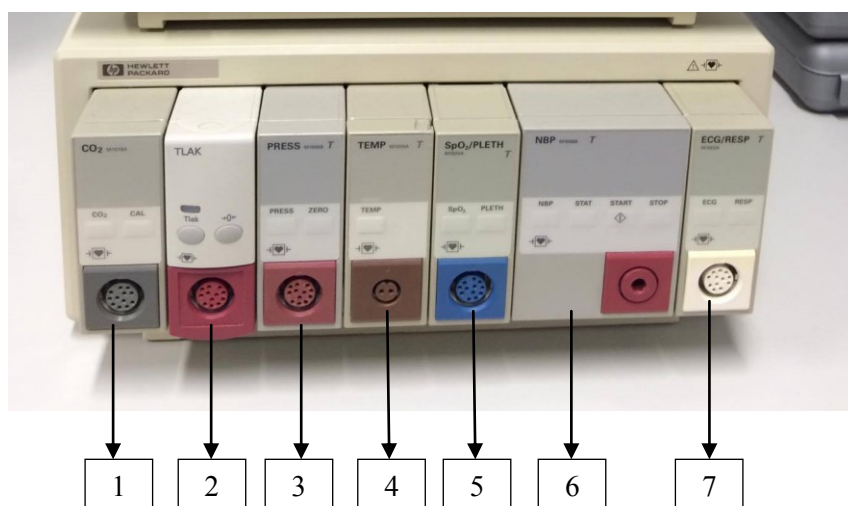
### HP M1205A

- Zapojíme přístroj. (viz obrázek 1.3)
- Moduly můžeme do modulové skříně buďto vkládat nebo je odebírat, stejně jako u předešlého monitoru. (viz manuální příručka)
- Spínač monitoru se nachází v levé čelní části přístroje. (viz obrázek 1.4)
- Vstupní konektory pro připojení kabelů k jednotlivým měřením nalezneme vždy na přední části příslušného modulu, který chceme měřit.
- Vyzkoušejte si všechny funkce a možnosti nastavení monitoru dle nastudování manuálu.



Obr. 1.3 Zapojení monitoru HP M1205A

1. **Sít'ový konektor** – konektor slouží pro připojení monitoru k síti
2. **Sekundární zemnění** – šroub pro připojení monitoru k zemnicí sorce
3. **Ekvipotenciální zemnění** – zde je monitor pomocí úchytky připojen k ekvipotenciálnímu uzemnění
4. **Konektor SDN** – konektor, který se používá ke sdílení údajů prostřednictvím sítě HP Care-net
5. **Konektor skříňě parametrových modulů** – slouží k připojení modulového boxu
6. **Výstupní konektor defibrilátor sync** – slouží pro odesílání signálu EKG do defibrilátoru



Obr. 1.4 Modulový box s jednotlivými moduly

1. Modul CO<sub>2</sub>
2. Modul pro měření tlaku
3. Modul tlaku
4. Modul pro měření teploty

5. Měření SpO<sub>2</sub>/ Pletysmografie
6. Měření neinvazivního tlaku
7. Měření EKG a RESP křivky

## Postup k bodu č. 2 zadání

*Na monitoru EKONA PM6000 nastavte libovolné alarmové limity pro všechny měřené parametry. K tomuto bodu zadání je potřeba využití informací z nastudovaných materiálů v kapitole předpokládané znalosti.*

1. Na obr. 1.5 je ukázka nastavení alarmových limitů pro EKG. Do nabídky EKG SETUP se uživatel dostane stisknutím tlačítka setup na EKG modulu v modulové skříni nebo označením klávesy EKG v oblasti parametrů na hlavní obrazovce. Stejný postup platí pro všechny měřené parametry, aby se uživatel dostal do nabídky příslušné funkce tak musí stisknout tlačítko setup na vybraném modulu nebo označením klávesy dané funkce na hlavní obrazovce. U obou měřených tlaků se nastavují alarmové limity pro systolický, diastolický a střední tlak. Pro IBP jsou určeny dva měřící kanály, prostřednictvím kanálu CH1 se měří arteriální tlak a kanálem CH2 centrální žilní tlak. Před zahájením měření je nutné provést nulování. Po zmáčknutí tlačítka ZERO na modulu invazivního tlaku se objeví okno, v němž se vybere kanál (CH1, CH2), poté se kliknutím potvrdí nulování. Jestliže proběhne proces nulování v pořádku, může být zahájeno měření.

ECG SETUP			
HR ALM	ON ▼	HR CHANNEL	CH1 ▼
ALM LEV	MED ▼	LEAD TYPE	3 LEADS ▼
ALM REC	OFF ▼	SWEEP	25.0 ▼
ALM HI	120 ▲▼	ST ANALYSIS >>	
ALM LO	50 ▲▼	ARR ANALYSIS >>	
HR FROM	ECG ▼	OTHER SETUP >>	
Access the sub-menu in which more items can be set.			
EXIT			

Obr. 1.5 Nabídka nastavení alarmových limitů pro EKG

2. Zvolte si vždy libovolné alarmové limity pro každou simulovanou funkci. Hodnoty uveďte v tabulce.

### Postup k bodu č. 3 zadání

*Na monitoru EKONA proveďte měření na fyzické osobě, měřeny budou tyto parametry: EKG, RESP, NIBP, SPO<sub>2</sub>, TEMP. Poté proveďte postupně měření na jednotlivých simulátorech, prostřednictvím simulátorů nasimulujte vždy tři Vámi zvolené hodnoty, tak aby vždy dvě hodnoty překročili horní a spodní alarmovou mez. Testovány budou tyto parametry: EKG, SpO<sub>2</sub>, NIBP, IBP. Hodnotu naměřené teploty porovnejte pomocí přístroje Fluke 1523. Všechny naměřené hodnoty zaznamenejte do tabulek, přiložte fotografii z měření. K tomuto bodu zadání je potřeba využití informací z nastudovaných materiálů v kapitole předpokládané znalosti.*

1. Změřte reálné třísvodové EKG na zvolené osobě, k dispozici jsou 3 končetinové elektrody: **červená** – pravá ruka, **žlutá** – levá ruka, **zelená** – levá noha. Elektrody jsou na konci spojeny jedním kabelem s koncovkou, kterou zapojíte do modulu EKG, elektrody poté umístíte na končetiny podle rozlišení barev. Vyzkoušejte změnit velikost amplitudy EKG křivky a změnit rychlost záznamu. Prostřednictvím EKG změňte dechovou křivku.
2. Změřte neinvazivní tlak pomocí manžety, kterou připojíte k příslušnému modulu. Nastavení umožňuje nastavit cyklus opakování měření tlaku co 2 min, můžete vyzkoušet změřit tlak ve třech různých polohách ruky a uvést jestli docházelo k nějakým změnám.
3. Změřte SpO<sub>2</sub> pomocí prstového pulzního snímače, který připojíte do modulu pro měření SpO<sub>2</sub>, nasadíte zvolené osobě snímač na ukazováček a tím je zahájeno měření. Měřená osoba musí být po dobu měření v klidu a s prstem nehýbat.
4. Změřte teplotu pomocí teplotního čidla, které zapojíte do modulu pro měření teploty. Modul pro měření teploty je společný s modulem pro měření EKG. Teplotu změňte v podpaždí, a přesnost měření ověřte pomocí přístroje Fluke 1523. Do přístroje zapojte sondu, určenou pro měření tímto přístrojem, poté stiskněte tlačítko pro zapnutí přístroje, vyberte stupně, ve kterých chcete měřit a umístíte sondu do podpaždí.
5. Nasimulujte 3 různé hodnoty na simulátoru Fluke 7000DP, tak aby vždy 2 hodnoty překročily, nastavený limit a pozorujte chování monitoru, vyzkoušejte jednotlivé možnosti nastavení přístroje (změna velikosti amplitudy křivky, změna tvaru křivky atd.), dále vyzkoušejte simulaci různých srdečních arytmií např. (fibrilace síní, fibrilace komor atd.) a zjistíte, jak na ně monitor reaguje. Do modulu EKG zapojte koncovku spojující 3 elektrodové svody stejně jako u prvního měření, elektrody umístíte na simulátor, po zapnutí přístroje stiskněte tlačítko EKG a tím se zobrazí nabídka nastavení EKG signálů.
6. Nasimulujte 3 různé hodnoty pro neinvazivní tlak pomocí simulátoru Rigel UNI- SiM, tak aby vždy 2 hodnoty překročily nastavený limit a pozorujte chování monitoru, vyzkoušejte si různé možnosti nastavení přístroje. Nejprve zapojte přístroj ke zdroji, poté připojte manžetu, kterou jste používali pro měření neinvazivního tlaku do modulu NIBP monitoru a pak pomocí gumové hadičky propojte manžetu se simulátorem.
7. Nasimulujte 3 různé hodnoty pro SpO<sub>2</sub> pomocí simulátoru Fluke Index 2XL, tak aby vždy 2 hodnoty překročily nastavený limit a pozorujte chování monitoru. Nejprve zapojte simulátor do zdroje, poté zapojte do monitoru koncovku pulzního snímače, který umístíte

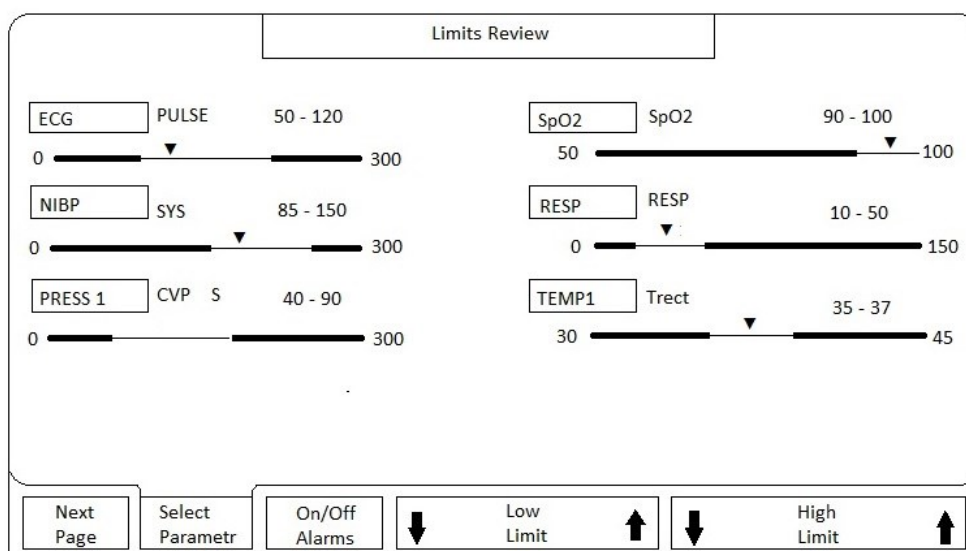
na umělohmotnou tyčinku simulátoru, tyčinka má za úkol nahradit ukazováček pacienta. Po připojení měřicího okruhu zapněte přístroj a na LCD displeji vyberete pomocí 5 ti tlačítkového rozhraní nastavení, které potřebujete.

8. Změřte invazivní tlak prostřednictvím IBP simulátoru, který zapojte kabelem přímo do modulu IBP monitoru. Po zapnutí přístroje proveďte kalibraci stisknutím tlačítka CALL na modulu IBP. Před zahájením měření proveďte nulování. Nasimulujte vždy tři různé hodnoty, tak aby vždy 2 hodnoty porušily nastavený limit a pozorujte chování monitoru
9. Všechny naměřené hodnoty zaznamenejte do tabulky a přiložte fotografii z měření.

### Postup k bodu č. 4 zadání

*Na monitoru HP M1205A nastavte libovolné alarmové limity pro všechny měřené parametry. K tomuto bodu zadání je potřeba využití informací z nastudovaných materiálů v kapitole předpokládané znalosti.*

1. Pro zjištění správné funkce monitorů, musíte provést nastavení hraničních hodnot alarmů pro každý měřený parametr. Na obrázku č. 1.6 je okno nastavení alarmových limitů, do této nabídky se dostanete stisknutím tlačítka ALARM, vyberete z nabídky okno LIMITS REVIEW a poté zvolíte SELECT PARAMETER.



Obr. 1.6 Nastavení mezních hodnot alarmu na monitoru HP

2. Zvolte si libovolné alarmové limity pro každou simulovanou funkci. Hodnoty uveďte v tabulce.

### Postup k bodu č. 5 zadání

*Na monitoru HP proveďte také měření na fyzické osobě, měřeny budou tyto parametry: EKG, NIBP, SpO<sub>2</sub>. Poté proveďte postupně měření na jednotlivých simulátorech, prostřednictvím simulátorů nasimulujte vždy tři Vámi zvolené hodnoty, tak aby vždy dvě hodnoty překročili horní a spodní alarmovou mez. Testovány budou tyto parametry: EKG, SpO<sub>2</sub>, NIBP. Všechny naměřené hodnoty*

*zaznamenejte do tabulek a přiložte fotografii z měření. K tomuto bodu zadání je potřeba využití informací z nastudovaných materiálů v kapitole předpokládané znalosti.*

1. Opakujte stejný postup měření na zvolené osobě jako u předešlého monitoru. Na fyzické osobě budou měřeny tyto parametry: EKG, SpO<sub>2</sub>, RESP, NIBP. Pro zahájení měření na monitoru HP je nutné na modulu stisknout tlačítko funkce, která je právě měřena např. po zapojení EKG svodů k monitoru, stiskněte tlačítko EKG na modulu určeném pro měření EKG.
2. Opakujte stejný postup měření na simulátorech jako u předešlého monitoru. Pro zahájení měření na monitoru HP je nutné na modulu stisknout tlačítko funkce, která je právě měřena např. po zapojení EKG svodů k monitoru, stiskněte tlačítko EKG na modulu určeném pro měření EKG.
3. Všechny naměřené hodnoty zaznamenejte do tabulky a přiložte fotografii z měření.

### **Postup k bodu č. 6 zadání**

*Vyhodnoťte funkčnost alarmových signalizací a vypočtěte relativní chybu měření.*

1. Do tabulek zaznamenejte, jestli proběhlo alarmové upozornění po překročení alarmu.
2. Zhodnoťte přesnost měření.

### **Kontrolní otázky**

1. Co je to patientský simulátor?
2. K čemu slouží funkce SWEEP?
3. Musí mít všechny zobrazované křivky stejnou rychlost záznamu?
4. Co znamená MISSED BEAT při měření ekg?
5. Čím se zabývá metrologie ve zdravotnictví?

### **Závěr**

V této části laboratorní úlohy uveďte průběh, výsledky jednotlivých měření a zhodnoťte funkčnost monitorů.

## **11 Vzorový protokol**

VŠB-TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA  
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY  
BIOMEDICÍNSKÝ TECHNIK

### **Měření a testování na patientském monitoru**

Vypracoval: Jana Vajdíková  
Login: VAJ0032

Datum: 10. 4. 2016

## **Zadání**

1. Seznamte se s jednotlivými funkcemi monitorů a biosignály používanými pro monitorování pacienta na lůžku. Popište funkce všech tlačítek umístěných na hlavním panelu modulového boxu.
2. Postupně na monitoru EKONA PM6000 nastavte libovolné alarmové limity pro všechny měřené parametry.
3. Na monitoru EKONA proveďte měření na fyzické osobě, měřeny budou tyto parametry: EKG, RESP, NIBP, SPO<sub>2</sub>, TEMP. Poté proveďte postupně měření na jednotlivých simulátorech, prostřednictvím simulátorů nasimulujte vždy tři Vámi zvolené hodnoty, tak aby vždy dvě hodnoty překročily horní a spodní alarmovou mez. Testovány budou tyto parametry: EKG, SpO<sub>2</sub>, NIBP, IBP. Hodnotu naměřené teploty porovnejte pomocí přístroje Fluke 1523. Všechny naměřené hodnoty zaznamenejte do tabulek, přiložte fotografii z měření.
4. Postupně na monitoru HP M1205A nastavte libovolné alarmové limity pro všechny měřené parametry.
5. Na monitoru HP proveďte také měření na fyzické osobě, měřeny budou tyto parametry: EKG, NIBP, SpO<sub>2</sub>. Poté proveďte postupně měření na jednotlivých simulátorech, prostřednictvím simulátorů nasimulujte vždy tři Vámi zvolené hodnoty, tak aby vždy dvě hodnoty překročily horní a spodní alarmovou mez. Testovány budou tyto parametry: EKG, SpO<sub>2</sub>, NIBP. Všechny naměřené hodnoty zaznamenejte do tabulek, přiložte fotografii z měření.
6. Vyhodnoťte funkčnost alarmových signalizací a jaká byla přesnost měření.

## **Použité vybavení**

- Pacientský monitor Ekona PM6000 a HP M1205A
- 3 končetinové elektrody pro měření EKG
- Příslušná manžeta patřící k přístroji pro měření NIBP
- Teplotní čidlo
- Prstový snímač pro měření SpO<sub>2</sub> patřící k přístroji
- Přístroj Fluke 1523 pro ověření teploty
- Simulátor pro měření IBP a simulátor pro měření NIBP Rigel UNI - SiM
- Simulátor pro měření EKG Fluke 7000DP
- Simulátor pro měření SpO<sub>2</sub> FLUKE Index 2XL

## **Teoretický rozbor**

Monitorování je děj, který umožňuje sledování základních životních funkcí a je nezbytnou součástí, jak v intenzivní, tak v urgentní medicíně. Sledování může probíhat nepřetržitě, spojitě nebo se pravidelně opakovat v intervalech. Proces monitorace informuje lékaře o změnách pacientova stavu v důsledku chorobných změn nebo v důsledku změn z aplikované léčby a může tím přispět k lepší prognóze kriticky nemocných pacientů. Výsledná měření jsou podkladem k dalšímu postupu v léčbě.



K vyhodnocování a sledování slouží patientské monitory. Monitory jsou elektronická zařízení, která jsou určena k dlouhodobému sledování fyziologických funkcí, k jejich zpracování a záznamu. Rozlišujeme monitory centrální a modulární. Centrální monitory slouží ke hromadnému zobrazování křivek jednotlivých patientských monitorů na lůžkových odděleních v nemocničních zařízeních, např. na jednotkách intenzivní péče. Modulární monitory jsou standardními monitory, u kterých můžeme přidávat a oddělovat moduly pro měření různých parametrů, které jsou pro každého pacienta individuální.

Technická úroveň a vlastnosti monitorovacích přístrojů byly ovlivněny prudkým rozvojem v oblasti elektroniky a výpočetní techniky. Prvotní analogové přístroje nahradily již dokonalé moderní přístroje, které umožňují monitorovat velkou škálu biologických signálů. Na základě vyhodnocení signálů v reálném čase, lze provádět analýzu těchto signálů, které informují o stavu pacienta a jsou návodem při dalším postupu léčby. Při dlouhodobém monitorování životních funkcí musí jejich hodnoty splňovat předem stanovené meze, jestliže tyto meze hodnoty překročí, měl by poplašný systém přístroje na tuto skutečnost upozornit. Proto je nutné provádět pravidelné metrologické kontroly, pro ověření funkcionality patientských monitorů a jiných nemocničních měřidel. Kontroly se nejčastěji provádí pomocí simulátorů. Simulátory jsou zařízení, která slouží k simulování základních životních funkcí a jsou určeny k testování zdravotnických přístrojů, čímž je ověřena jejich správná funkce.

## Výsledky k bodu zadání č. 1

### Tlačítka na ovládacím modulu monitoru EKONA

**Main/ základní** – vrací systém vždy na hlavní obrazovku

**Silence /Tichý provoz** – po stlačení bude systém umlčen po dobu maximálně 3 min,  
lze nastavit uživatelem 1, 2 nebo 3 min

**Pause /alarmová pauza** – po stlačení stopne alarm, po stlačení znovu obnoví chod

**Alarm setup/ nastavení alarmu** – zde může uživatel nastavit všechny informace o alarmech

**Freeze/ zmražení** – po zmačknutí slouží ke zmražení křivky po dobu 40 s, je možné křivku kontrolovat a také lze vytisknout

### Tlačítka na ovládacím panelu pod displejem monitoru HP

**Alarms** – slouží k zapínání/ vypínání všech a jednotlivých výstrah, nastavení mezních hodnot výstrah

**Monitor Setup** – slouží pro změnu nastavení, jako zobrazení na obrazovce a typu pacienta a obecné změny konfigurace

**Trends** – vymazání dat předešlého pacienta nebo sběr dat stávajícího pacienta pro prohlížení dat .

**Other Patients** – slouží k prohlížení dat a výstrah z ostatních lůžek.

**Procedures** – slouží pro kardiální minutový objem a pro provádění nastavení monitorování ST segmentu.

**Module Setup** – nastavení EKG, tlaků a dalších parametrů, slouží také k jejich vypnutí a zapnutí a pro nastavení např. velikost, mezní hodnoty výstrah

**Silence/ Reset** – vypínání zvuku, výstrah.

**Main Screen** – vrací do standardního monitorovacího zobrazení.

**Delayed Record** – záznam křivek, které nejsou zobrazeny na obrazovce monitoru.

**Suspend** – zapínání/ vypínání výstrahy.

**Realtime Record** – provádí záznam reálných nebo momentálních křivek.

## Výsledky k bodu zadání č. 2

Podle zadání jsem nastavila na monitoru EKONA alarmové meze pro každou měřenou funkci. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 1.1

Testovaná funkce	Meze alarmu
EKG	50 - 120 tepů/min
SpO <sub>2</sub>	90 - 100 %
NIBP	SYS: 75 – 150 mmHg DIA: 50 – 90 mmHg Mean: 60 – 110 mmHg
IBP1 (ART)	SYS: 75 – 150 mmHg DIA: 50 – 90 mmHg Mean: 60 – 110 mmHg
IBP2 (CVP)	SYS: 10 – 20 mmHg DIA: 5 – 15 mmHg Mean: 7 – 10 mmHg

Tab. 1.1 Alarmové limity měřených funkcí na monitoru EKONA

## Výsledky k bodu zadání č. 3

Na monitoru Ekona jsem provedla postupné měření biologických funkcí. V prvním kroku jsem zapojila manžetu, pro měření neinvazivního tlaku do modulu NIBP a poté jsem si manžetu nasadila na levou paži. Dále jsem zapojila elektrody pro měření EKG a podle barev jsem je rozmístila na končetiny. V dalším kroku jsem připojila pulzní prstový snímač k modulu SpO<sub>2</sub> a nasadila si jej na prst. A jako poslední jsem začlenila do měření teplotní čidlo a umístila si jej pod levou paži. V průběhu měření jsem odzkoušela všechny funkce přístroje např. změnu amplitudy, rychlost zesílení signálu atd. Záznam z měření je na obr. 1.6.



Obr. 1.6 Měření na monitoru EKONA

Na obrázku je zeleně zobrazen průběh ekg křivky s hodnotou tepové frekvence, modře je zobrazena pulzní křivka s hodnotou pulzu a žlutě je vyobrazena dechová křivka. Výsledky naměřených hodnot jsou uvedeny v tabulce č. 1.2

Měřená funkce	Normální hodnoty	Naměřené hodnoty
EKG	60 – 90 tepů/min	80 tepů/ min
SpO <sub>2</sub>	95 – 99%	98%
RESP	15 – 25 dechů/min	15 dechů/min
NIBP	120/80	109/59
TEMP	podpaždí 34,7 – 37,3 °C	35,4 °C

Tab. 1.2 Výsledné hodnoty reálného měření na monitoru EKONA

Vyzkoušela jsem si měření tlaku ve třech polohách paže. Pro zjištění krevního tlaku se používá měření v úrovni srdce, protože nejlépe odpovídá skutečné hodnotě srdečního tlaku. Při zvednutí paže, by měl tlak mírně poklesnout. Naopak v poloze paže podél těla, tlak mírně vzroste. V druhé části této úlohy jsem provedla postupné měření na simulátorech. Zvolila jsem pro každý parametr 3 různé hodnoty, které jsem nasimulovala viz. tabulka č. 1.3. Dále jsem odzkoušela různé možnosti nastavení na simulátorech např. simulaci srdečních arytmií, změnu amplitudy měřeného signálu atd.

Testovaná funkce	Simulované hodnoty
EKG	40 tepů/min
	60 tepů/min
	160 tepů/ min
SpO <sub>2</sub>	81%
	98%
	102%
NIBP	80/40
	120/80
	220/180
IBP1 (ART)	65/40
	100/80
	169/77
IBP2 (CVP)	7/3
	16/10
	25/20

Tab. 1.3 Přehled simulovaných hodnot na monitoru EKONA

Ověření teploty proběhlo referenčním teploměrem Fluke 1523. V tabulce č. 1.4 je uvedena naměřená hodnota, prostřednictvím monitoru Ekona a hodnota naměřená přístrojem Fluke 1523. Relativní chyba měření je 2,29 %.

Naměřená hodnota Ekona	Naměřená hodnota Fluke 1523
TEMP	TEMP
35,4 °C	36,211 °C

Tab. 1.4 Porovnání naměřené teploty

Výpočet pro absolutní chybu měření:

$$\Delta = y - Y$$

Výpočet pro relativní chybu měření:

$$\delta = \frac{\Delta}{y} * 100 \text{ [%]}$$

Příklad výpočtu:

$$\Delta = 35,4 - 36,211$$

$$\Delta = |-0,811| = 0,811$$

$$\delta = \frac{0,811}{35,4} * 100$$

$$\delta = 2,29 \text{ %}$$

## Výsledky k bodu zadání č. 4

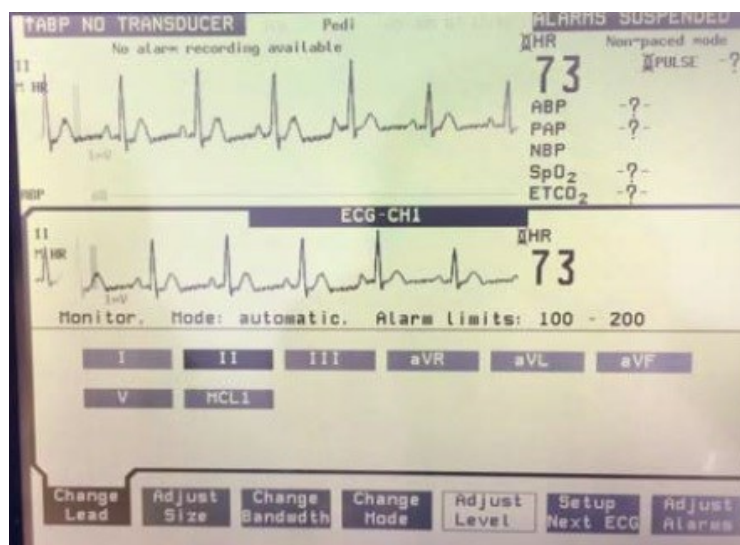
Podle zadání jsem nastavila na monitoru HP meze pro každou měřenou funkci. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 1.5.

Testovaná funkce	Meze alarmu
EKG	50 - 120 tepů/min
SpO <sub>2</sub>	90 - 100 %
NIBP	SYS: 85 – 150 mmHg DIA: 45 – 90 mmHg Mean: 60 – 110 mmHg

Tab. 1.5 Alarmové limity měřených funkcí na monitoru HP

## Výsledky k bodu zadání č. 5

V první části této úlohy, jsem na monitoru HP provedla také postupné měření biologických funkcí. Postup měření probíhal stejně jako u předešlého monitoru. V průběhu měření jsem odzkoušela všechny funkce přístroje. Na obrázku č. 1.7 je ukázka měření EKG.



Obr. 1.7 Měření na monitoru HP

Na hlavní obrazovce se zobrazuje přivedený signál a můžeme si prohlížet jednotlivě všechny svody. Dále je zobrazena srdeční frekvence, mód a limitní hodnoty alarmu. Ve spodní části monitoru jsou tlačítka pro další funkce. Výsledky naměřených hodnot jsou uvedeny v tabulce č. 1.6.

Měřená funkce	Normální hodnoty	Naměřené hodnoty
EKG	60 – 90 tepů/min	74 tepů/ min
SpO <sub>2</sub>	95 – 99%	98%
RESP	15 – 25 dechů/min	15 dechů/min
NIBP	120/80	101/58

Tab. 1.6 Výsledky reálného měření na monitoru HP

V druhé části této úlohy jsem provedla postupné měření na simulátorech. Zvolila jsem pro každý parametr 3 různé hodnoty, které jsem nasimulovala viz. tabulka č. 1.7. Dále jsem odzkoušela různé možnosti nastavení na simulátorech např. simulaci srdečních arytmií, změnu amplitudy měřeného signálu atd.

Testovaná funkce	Simulované hodnoty
EKG	45 tepů/min
	70 tepů/min
	160 tepů/ min
SpO <sub>2</sub>	85%
	95%
	105%
NIBP	60/30
	120/80
	160/120

Tab. 1.7 Přehled simulovaných hodnot na monitoru HP

## Výsledky k bodu zadání č. 6

V tabulce č. 1.8 jsou uvedeny výsledky průběhu testování alarmu monitoru EKONA. Při testování neinvazivního tlaku simulátorem Rigel UNI – SiM, došlo k odchylkám měření, u systolického tlaku byla odchylka měření 8 mmHg a u diastolického tlaku byla odchylka 3 mmHg. Další průběhy měření byly zcela přesné. Monitor je plně funkční, všechny alarmové signalizace byly zahlášeny ve správnou chvíli. Dále proběhla zkouška nasimulování různých srdečních arytmií, na které přístroj také správně upozornil.

Testovaná funkce	Naměřené hodnoty	Alarmová signalizace
EKG	40 tepů/min	ANO
	60 tepů/min	NE
	160 tepů/min	ANO
SpO <sub>2</sub>	81%	ANO
	98%	NE
	102%	ANO
NIBP	88/43	ANO
	128/83	NE
	228/183	ANO
IBP1 (ART)	60/40	ANO
	100/80	NE
	169/77	ANO
IBP2 (CVP)	7/3	ANO
	16/10	NE
	25/20	ANO

Tab. 1.8 Výsledky testování alarmu na monitoru EKONA

Na obr. 1.8 je zobrazen průběh testování ekg s tepovou frekvencí 160 tepů/min. V pravém horním rohu obrazovky je v červeném kolečku zvýrazněno upozornění, na překročení nastaveného limitu. Ve žlutém kolečku je zvýrazněný limit alarmu pro ekg.



Obr. 1.8 Překročení nastavených mezí na monitoru EKONA

Výpočet pro absolutní chybu měření:

$$\Delta = y - Y$$

Výpočet pro relativní chybu měření:

$$\delta = \frac{\Delta}{y} * 100 [\%]$$

Příklad výpočtu:

$$\Delta = 128 - 120$$

$$\Delta = 8$$

$$\delta = \frac{8}{128} * 100 [\%]$$

$$\delta = 6,25\%$$

Výsledky chyb měření:

U systolického tlaku při simulaci neinvazivní metody, došlo k relativní chybě měření 6,25%.  
U diastolického tlaku došlo k chybě měření 3,63%.

V tabulce č. 1.9 jsou uvedeny výsledky nasimulovaných srdečních arytmií. Přístroj na ně správně upozornil prostřednictvím alarmového hlášení.

<b>Simulovaná arytmie</b>	<b>Naměřené hodnoty</b>	<b>Alarmová signalizace</b>
Fibrilace síní	103 tepů/min	ANO
Fibrilace komor	0 tepů/min	ANO
Vynechání tepu	80 tepů/ min	ANO

Tab. 1.9 Výsledky simulace srdečních arytmií na monitoru Ekona

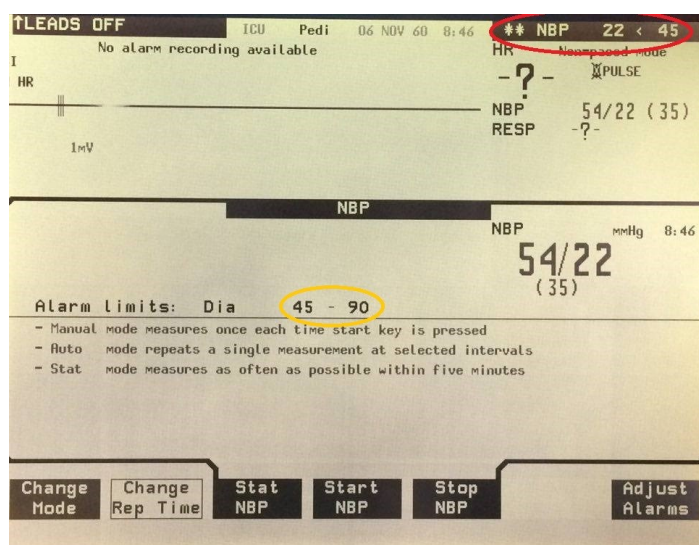
V tabulce č. 1.10 jsou uvedeny výsledky průběhu testování monitoru HP. Při testování neinvazivního tlaku simulátorem Rigel UNI – SiM, došlo také k odchylkám měření, u systolického tlaku byla odchylka 7 mmHg a 6 mmHg. U diastolického tlaku byla odchylka 8 mmHg a 7 mmHg. Simulování ostatních biologických funkcí proběhlo naprosto přesně. Monitor je plně funkční, v případě překročení nastaveného limitu, spustil přístroj alarm. Dále proběhla zkouška nasimulování různých srdečních arytmií, na které přístroj také správně upozornil.



Testovaná funkce	Naměřené hodnoty	Alarmová signalizace
EKG	45 tepů/min	ANO
	70 tepů/min	NE
	160 tepů/ min	ANO
SpO <sub>2</sub>	85%	ANO
	95%	NE
	105%	ANO
NIBP	54/22	ANO
	113/73	NE
	153/113	ANO

Tab. 1.10 Výsledky testování alarmu na monitoru HP

Na obrázku č. 1.9 je zobrazen průběh testování neinvazivního tlaku. V pravém horním rohu obrazovky je v červeném kolečku zvýrazněno upozornění, na překročení nastaveného limitu. Ve žlutém kolečku je zvýrazněn limit alarmu pro NIBP.



Obr. 1.9 Překročení nastavených mezí na monitoru HP

Příklad výpočtu relativní chyby:

$$\Delta = 73 - 80$$

$$\Delta = |-7| = 7$$

$$\delta = \frac{7}{73} * 100 [\%]$$

$$\delta = 9,5 \%$$

### Výsledky chyb měření:

U systolického tlaku při simulaci neinvazivní metody, došlo k relativní chybě měření 11 % a 9,5 %. U diastolického tlaku došlo k chybě měření 36 % a 9,5 %.

V tabulce č. 1.11 jsou uvedeny výsledky nasimulovaných srdečních arytmií. Monitor na ně správně upozornil alarmem. Přístroj má správnou funkci a může být uveden do provozu.

Simulovaná arytmie	Naměřené hodnoty	Alarmová signalizace
Fibrilace síní	103 tepů/min	ANO
Fibrilace komor	0 tepů/min	ANO
Síňová tachykardie	160 tepů/ min	ANO

Tab. 1.11 Výsledky simulace srdečních arytmií na monitoru HP

### **Kontrolní otázky**

1. Co je to patientský simulátor?
  2. K čemu slouží funkce SWEEP?
  3. Musí mít všechny zobrazované křivky stejnou rychlost záznamu?
  4. Co znamená MISSED BEAT při měření ekg?
  5. Čím se zabývá metrologie ve zdravotnictví?
- 
1. Simulátor je elektronické zařízení, které slouží k simulaci biologických funkcí člověka a ověřování správné funkce zdravotnických měřidel.
  2. Funkce SWEEP slouží, ke změně rychlosti záznamu.
  3. Nemusí, každá křivka může mít jinou rychlost.
  4. Vynechání tepu, při srdeční frekvenci < 120 tepů/min nebo ztráta tepu po dobu 1 s, při frekvenci > 120 tepů/min.
  5. Metrologie ve zdravotnictví se zabývá pravidelnou kontrolou zdravotnických měřidel.

### **Závěr**

V této laboratorní úloze jsem se seznámila s patientskými monitory, vyzkoušela jsem si všechny jejich funkce a ověřila správnou činnost. V první části laboratorní úlohy jsem si nastudovala manuální příručky daných monitorů a nastavila jsem si alarmové limity pro každou měřenou funkci. V druhé části laboratorní úlohy proběhlo reálné měření všech funkcí, poté proběhlo postupné měření pomocí simulátorů. Při testování neinvazivního tlaku u obou monitorů došlo k odchylce měření. U monitoru EKONA byla odchylka systolického tlaku 8 mmHg, u diastolického 3 mmHg. U monitoru HP byly odchylky systolického tlaku 7 mmHg a 6 mmHg, u diastolického byly odchylky měření 8 mmHg a 7 mmHg. Další průběhy měření byly zcela přesné. Oba monitory jsou plně funkční, při překročení nastavených mezí, byl vždy zahlášen alarm.

## 12 Závěr

Hlavním cílem bakalářské práce bylo měření na patientských monitorech, ověřování jejich správné funkce a následné vytvoření laboratorní úlohy, která bude v budoucnu sloužit jako výukový materiál v předmětech vyučovaných na oboru Biomedicínská technika. V celém průběhu práce se pracovalo s monitorem Ekona PM6000 a monitorem HP M1205A, v práci jsou popsány vlastnosti a funkce monitorů. Obsahem je také návod k nastavení jednotlivých parametrů při simulacích a popis použitých simulátorů k ověřování správné funkce monitorů. Monitory slouží ke dlouhodobému sledování základních životních funkcí, jejich zpracování a záznamu. Během monitorování se mohou objevit nežádoucí aspekty např. artefakty v průběhu měření, chyby přístroje při vyhodnocování přijímaných signálů nebo nepřesná měření či chyby při sledování hodnocených ukazatelů. V případě dostavení některé ze jmenovaných anomálií, musí přístroj na tuhle skutečnost upozornit alarmovou signalizací. Je důležité provádět pravidelné kontroly všech měřidel ve zdravotnictví, aby nedošlo k nenávratnému poškození pacientova zdraví, v důsledku nesprávného fungování přístroje nebo v důsledku nesprávné detekce biologických změn. Ověření monitorů Ekona a HP probíhalo pomocí simulátorů Rigel UNI-SiM, Fluke 7000DP, Fluke Index 2XL a ověření teploty proběhlo přístrojem Fluke 1523. Princip ověřování spočíval v nastavení alarmových limitů pro všechny simulované funkce, poté byly postupně na simulátorech nastavovány různé hodnoty, tak aby vždy dvě hodnoty překročili nastavený limit alarmu. V případě překročení nastaveného limitu dané funkce, monitor na tuhle skutečnost upozornil alarmovým hlášením. V průběhu testování došlo k odchylkám měření u neinvazivního tlaku, tyto odchylky jsou v toleranci norem přesnosti měření. Další testování proběhlo zcela standardně. Výsledkem testování bylo zhodnocení plné funkčnosti monitorů. Poslední krok bakalářské práce spočíval v návrhu laboratorní úlohy. Úkolem první části laboratorní úlohy je nastudování manuálních příruček uvedených monitorů a nastavení alarmových limitů pro každou měřenou funkci. Druhá část laboratorní úlohy je zaměřena na měření a testování funkčnosti monitorů. Studenti se díky této laboratorní úlohy seznámí s funkcemi monitorů, naučí se na nich měřit a ověřovat jejich správnou funkci.

## 13 Literatura

- [1] PENHAKER, Marek, Martin IMRAMOVSKÝ, Petr TIEFENBACH a František KOBZA. [i] Lékařské diagnostické přístroje: učební texty [/i] 1. vydání Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2004.
- [2] SVATOŠ, Josef. [i] Biologické signály I: geneze, zpracování a analýza. [/i] 1. vydání Praha: České vysoké učení technické, 1992.
- [3] KLINKOVSKÝ, Tomáš. [i] Návrh a konstrukce zdravotnické přístrojové techniky [/i] 1. vydání Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2013.
- [4] KLINKOVSKÝ, Tomáš. [i] Spolehlivost a konstrukce lékařských přístrojů. [/i] 1. vydání Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2013.
- [5] ROZMAN, Jiří a kolektiv. Elektrické přístroje v lékařství. 1. vydání Praha, 2006.
- [6] PENHAKER, Marek, Martin AUGUSTYNEK. Zdravotnické elektrické přístroje 1: učební texty [i] 1. vydání Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2013.
- [7] BÍLEK, Jiří. Přístrojová technika a monitorování v urgentní medicíně: učební texty [i] 1. vydání Ostrava: VŠB- Technická univerzita Ostrava, 2007.
- [8] RANGAYYAN, M. Rangaraj. Biomedical signal analysis. USA,
- [9] NORTHROP R. B.: Noninvasive Intrumentation and Measurment in Medical Diagnosis. CRC Press, 2001.
- [10] KOZUMPLÍK, CSC., Ing. Jiří. Kritéria pro hodnocení vybraného cyklu klidového EKG. Analýza a interpretace biologických da, přednáška.
- [11] KOLÁTEK, Jakub. Generátor patologických EKG křivek pro potřeby simulačních modelů. Praha, 2008. Dostupné z: <https://cyber.felk.cvut.cz/research/theses/papers/96.pdf>. Diplomová práce. České vysoké učení technické. Vedoucí práce MUDr. Mgr. Pavol Privitzer.
- [12] CHMELÁŘ, Milan. Lékařská přístrojová technika I. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 1995. 192 s.
- [13] EKONA PM6000 manual. [Online] <http://ultrasonmedical.com/PM-6000.pdf>
- [14] HP M1205A manual. [Online] <http://www.wotol.com/1-hp-m1205a-physiological-multipa-monitor>
- [15] SOUŠKOVÁ, Kateřina. Neuron, šíření nervového vzruchu. 17.11.2013 [cit 2015 – 01 - 16] [Online] <http://pfyziol.fup.upol.cz/castwiki2/wp-conect/uploads/2012/03/Na-AP-neuronu.jpg>
- [16] Testovací sekvence pro patientské simulátory. [Online] [http://webzam.fbmi.cvut.cz/hozman/TPR/20112012/Z\\_Padertova.pdf](http://webzam.fbmi.cvut.cz/hozman/TPR/20112012/Z_Padertova.pdf)

- [17] Rigel UNI – SiM manual. [Online]  
[http://www.rigelmedical.com/downloads/370a564\\_rigel\\_uni\\_sim\\_manual\\_v2.pdf](http://www.rigelmedical.com/downloads/370a564_rigel_uni_sim_manual_v2.pdf)
- [18] Fluke 7000DP manual. [Online]  
[http://assets.fluke.com/manuals/7000dp\\_\\_gseng0000.pdf](http://assets.fluke.com/manuals/7000dp__gseng0000.pdf)
- [19] Fluke Index 2XL. [Online]  
<http://www.flukebiomedical.com/biomedical/user/patient-simulators/index-2-xlfe-pulse-oximeter-tester.htm?pid=56330>
- [20] Fluke 1523 Reference Thermometers manual. [Online]  
<http://www.fluke.com/fluke/czcs/pristroje-pro-procesni-kalibraci/kalibratory-teploty/fcal-1523-1524-handheld-thermometer-readout.htm?pid=54426>

## 14 Seznam obrázků

Obr. 1 Pacientský monitor EkonaPM6000 .....	3
Obr. 2 Pacientský monitor HP M1205A .....	4
Obr. 3 Zobrazení průběhu depolarizace a repolarizace.....	7
Obr. 4 Obecná EKG křivka .....	8
Obr. 5 Zapojení EKG svodů podle Einthovena .....	9
Obr. 6 Zapojení podle Goldbergera .....	9
Obr. 7 Zapojení podle Wilsona.....	9
Obr. 8 Auskultační metoda měření krevního tlaku .....	10
Obr. 9 Riegel UNI-Sim (Univerzální simulátor biologických funkcí) .....	16
Obr. 10 Simulátor Fluke 7000DP .....	19
Obr. 11 Hlavní nabídka v menu monitoru EKONA .....	25
Obr. 12 Systémové nastavení monitoru .....	26
Obr. 13 Nabídka pro nastavení alarmových limitů EKG .....	26
Obr. 14 Ukázka nabídky změny nastavení monitoru HP .....	29
Obr. 15 Nastavení mezních hodnot alarmu na monitoru HP .....	29
Obr. 1.1 Zapojení monitoru EKONA PM6000 .....	36
Obr. 1.2 Popis funkčních bloků monitoru Ekona PM6000 .....	37
Obr. 1.3 Zapojení monitoru HP M1205A .....	38
Obr. 1.4 Modulový box s jednotlivými moduly .....	38
Obr. 1.6 Měření na monitoru EKONA .....	47
Obr. 1.7 Měření na monitoru HP .....	49
Obr. 1.8 Překročení nastavených mezí na monitoru EKONA.....	51
Obr. 1.9 Překročení nastavených mezí na monitoru HP .....	52

## Seznam tabulek

Tab. 1 Metody měření krevního tlaku.....	10
Tab. 2 Teplota lidského těla v závislosti na měřeném místě.....	12
Tab. 3 Výsledky reálného měření na monitoru EKONA .....	27
Tab. 4 Alarmové limity měřených funkcí na monitoru EKONA .....	28
Tab. 5 Přehled simulovaných hodnot pro monitor EKONA .....	28

Tab. 6 Výsledky reálného měření na monitoru HP .....	30
Tab. 7 Alarmové limity měřených funkcí na monitoru HP.....	30
Tab. 8 Přehled simulovaných hodnot pro monitor HP .....	31
Tab. 9 Výsledky testování alarmu na monitoru EKONA .....	32
Tab. 10 Porovnání výsledků naměřené teploty .....	32
Tab. 11 Výsledky simulace srdečních arytmii na monitoru Ekona .....	32
Tab. 12 Výsledky testování alarmu na monitoru HP .....	33
Tab. 13 Výsledky simulace srdečních arytmii na monitoru HP .....	33

## 15 Přílohy

**Příloha č. 1:** Laboratorní úloha měření a testování na patientském monitoru

### 1 Měření a testování na patientském monitoru

#### 1.1 Cíl úlohy

Prostřednictvím této laboratorní úlohy se naučíte:

- pochopit princip fungování patientských monitorů v lůžkových zdravotnických zařízeních
- pracovat s možnostmi kalibrace daných monitorů
- měřit jednotlivé biologické signály na fyzické osobě a na simulátorech
- ověření funkčnosti monitorů v případě, nastane-li změna činnosti fyziologických funkcí (např. srdeční arytmie) nebo chyba v zapojení, popřípadě porucha přístroje
- porovnat a vyhodnotit výsledky jednotlivých měření

#### 1.2 Zadání

1. Seznamte se s jednotlivými funkcemi monitorů a biosignály používanými pro monitorování pacienta na lůžku. Popište funkce všech tlačítek umístěných na hlavním panelu modulového boxu.
2. Postupně na monitoru EKONA PM6000 nastavte libovolné alarmové limity pro všechny měřené parametry.
3. Na monitoru EKONA proveďte měření na fyzické osobě, měřeny budou tyto parametry: EKG, RESP, NIBP, SPO<sub>2</sub>, TEMP. Poté proveďte postupně měření na jednotlivých simulátorech, prostřednictvím simulátorů nasimulujte vždy tři Vámi zvolené hodnoty, tak aby vždy dvě hodnoty překročily horní a spodní alarmovou mez. Testovány budou tyto parametry: EKG, SpO<sub>2</sub>, NIBP, IBP. Hodnotu naměřené teploty porovnejte pomocí přístroje Fluke 1523. Všechny naměřené hodnoty zaznamenejte do tabulek, přiložte fotografii z měření.
4. Postupně na monitoru HP M1205A nastavte libovolné alarmové limity pro všechny měřené parametry.
5. Na monitoru HP proveďte také měření na fyzické osobě, měřeny budou tyto parametry: EKG, NIBP, SpO<sub>2</sub>. Poté proveďte postupně měření na jednotlivých simulátorech, prostřednictvím simulátorů nasimulujte vždy tři Vámi zvolené hodnoty, tak aby vždy dvě hodnoty překročily horní a spodní alarmovou mez. Testovány budou tyto parametry: EKG, SpO<sub>2</sub>, NIBP. Všechny naměřené hodnoty zaznamenejte do tabulek, přiložte fotografii z měření.
6. Vyhodnoťte funkčnost alarmových signalizací a vypočítejte relativní chybu měření.

#### 1.3 Předpokládané znalosti

Pro tuto úlohu se vyžaduje nastudování:



- Návodu k obsluze patientského monitoru Ekona PM6000 a HP M1205A
- Návodů k obsluze jednotlivých simulátorů Rigel UNI – sim (NIBP), Fluke 7000DP (EKG), Fluke Index 2XL (SpO<sub>2</sub>), Fluke 1523 Reference Thermometer (TEMP), školní simulátor invazivního tlaku
- Biologické signály a jejich zpracování  
[Lékařské Diagnostické přístroje, kapitola 3, M. Penhaker, M. Imramovský, P. Tiefenbach a F. Kobza]  
[Biologické signály 1, J. Svatoš]  
[Elektronické přístroje v lékařství, kapitola 1, J. Rozman a kolektiv]
- Měření EKG, RESP, IBP, NIBP, měření teploty a SPO<sub>2</sub>  
[Lékařské Diagnostické přístroje, M. Penhaker, M. Imramovský, P. Tiefenbach a F. Kobza]  
[Zdravotnické elektrické přístroje 1, M. Penhaker, M. Augustynek]
- Teoretický rozbor v této laboratorní úloze

## 1.4 Použité vybavení

- Pacientský monitor Ekona PM6000 a HP M1205A
- 3 končetinové elektrody pro měření EKG
- Příslušná manžeta patřící k přístroji pro měření NIBP
- Teplotní čidlo
- Prstový snímač pro měření SpO<sub>2</sub> patřící k přístroji
- Přístroj Fluke 1523 pro ověření teploty
- Simulátor pro měření IBP a simulátor pro měření NIBP Rigel UNI- SiM
- Simulátor pro měření EKG Fluke 7000DP
- Simulátor pro měření SpO<sub>2</sub> Fluke Index 2XL

## 1.5 Teoretický rozbor

Monitorování je děj, který umožňuje sledování základních životních funkcí a je nezbytnou součástí, jak v intenzivní, tak v urgentní medicíně. Sledování může probíhat nepřetržitě, spojitě nebo se pravidelně opakovat v intervalech. Proces monitorace informuje lékaře o změnách pacientova stavu v důsledku chorobných změn nebo v důsledku změn z aplikované léčby a může tím přispět k lepší prognóze kriticky nemocných pacientů. Výsledná měření jsou podkladem k dalšímu postupu v léčbě. K vyhodnocování a sledování slouží patientské monitory. Monitory jsou elektronická zařízení, která jsou určena k dlouhodobému sledování fyziologických funkcí, k jejich zpracování a záznamu. Rozlišujeme monitory centrální a modulární. Centrální monitory slouží ke hromadnému zobrazování křivek jednotlivých patientských monitorů na lůžkových odděleních v nemocničních zařízeních, např. na jednotkách intenzivní péče. Modulární monitory jsou standardními monitory, u kterých můžeme přidávat a oddělovat moduly pro měření různých parametrů, které jsou pro každého pacienta individuální.

Technická úroveň a vlastnosti monitorovacích přístrojů byly ovlivněny prudkým rozvojem v oblasti elektroniky a výpočetní techniky. Prvotní analogové přístroje nahradily již dokonalé moderní přístroje, které umožňují monitorovat velkou škálu biologických signálů. Na základě vyhodnocení signálů v reálném čase, lze provádět analýzu těchto signálů, které informují o stavu pacienta a jsou návodem při dalším postupu léčby. Při dlouhodobém monitorování životních funkcí musí jejich

hodnoty splňovat předem stanovené meze, jestliže tyto meze hodnoty překročí, měl by poplašný systém přístroje na tuto skutečnost upozornit. Proto je nutné provádět pravidelné metrologické kontroly, pro ověření funkcionality patientských monitorů a jiných nemocničních měřidel. Kontroly se nejčastěji provádí pomocí simulátorů. Simulátory jsou zařízení, která slouží k simulování základních životních funkcí a jsou určeny k testování zdravotnických přístrojů, čímž je ověřena jejich správná funkce.

### 1.5.1 Patientský monitor EKONA PM6000

Jedná se o modulární multi-parametrální patientský monitor, který se využívá pro monitorování pacienta na lůžku. Umožňuje monitorování dospělých, dětí i novorozenců. Výhodou je snadná a rychlá výměna modulů pro měření různých parametrů. Můžeme na něm měřit:

- EKG/ RESP + obsahuje dva kanály pro měření teploty (standartní modul)
- $SP_{O_2}$
- NIBP
- IBP (2 kanály)
- CO
- $EtCO_2$
- GAS
- EEG



Obr. 1 přístroj EKONA PM6000

#### Technický popis

- Monitor značky Philips s LCD displejem (není původně konstruován s přístrojem, tvoří kompaktní systém, slouží pouze jako nástroj pro zobrazování křivek)
- Modulový box s možností horizontálního nebo vertikálního umístění
- Modul zahrnující parametry modulu a jeho funkce

Pacientský monitor umožňuje různá nastavení např. nastavení informací o pacientovi, nastavení času, různé alarmové signalizace při náhlých změnách ať už v zapojení nebo ve změnách pacientova

zdravotního stavu. Pro podrobnější informace o možnostech a funkcích monitoru je nutno nastudovat návod k obsluze tohoto monitoru.

### 1.5.2 HP M1205A Komponentní monitorovací systém OmniCare

Jedná se o modulární patientský monitor, který se využívá pro monitorování pacienta na lůžku. Monitor má schopnost pracovat v síti a zpracovávat data. Jednotlivé moduly můžeme buďto měnit nebo přidávat další nové moduly pro měření parametrů, které potřebujeme. Můžeme na něm měřit:

- EKG/ RESP + obsahuje dva kanály pro měření teploty (standartní modul)
- SpO<sub>2</sub>
- NIBP
- IBP (2 kanály)
- CO
- EtCO<sub>2</sub>
- GAS
- CO<sub>2</sub>
- tcpO<sub>2</sub>/ tcpCO<sub>2</sub>



Obr. 2 Monitor HP M1205A

#### Technický popis

- Zobrazovací modul s LCD displejem a ovládacím panelem.
- Modulový box s parametrovými moduly.

Monitor poskytuje různé funkce v nastavení např. nastavení údajů o pacientovi, zapnutí a vypnutí výstrah, nastavení času, alarmu a další funkce, které jsou blíže popsány v uživatelské příručce monitoru.

## 1.6 Pracovní postup

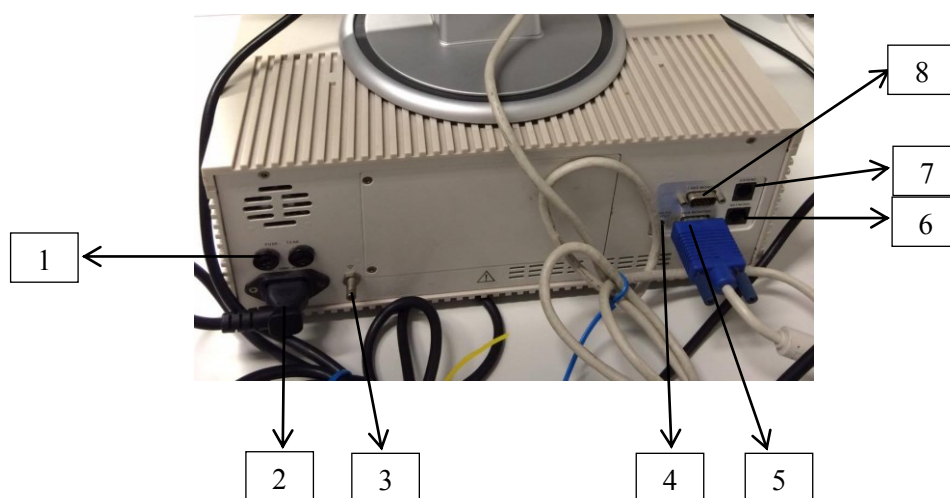
Pro splnění tohoto úkolu je potřeba pečlivé nastudování materiálů v kapitole předpokládané znalosti, na základě získaných informací pochopíte práci s patientskými monitory. Seznámíte se s biosignály, které budete měřit, naučíte se pracovat s nastavením monitorů a využívat jejich funkce.

### 1.6.1 Postup k bodu č. 1 zadání

*Seznamte se s jednotlivými funkcemi monitorů a biosignály používanými pro monitorování pacienta na lůžku. Popište funkce všech tlačítek umístěných na hlavním panelu modulového boxu. K tomuto bodu zadání je potřeba využití informací z nastudovaných materiálů v kapitole předpokládané znalosti.*

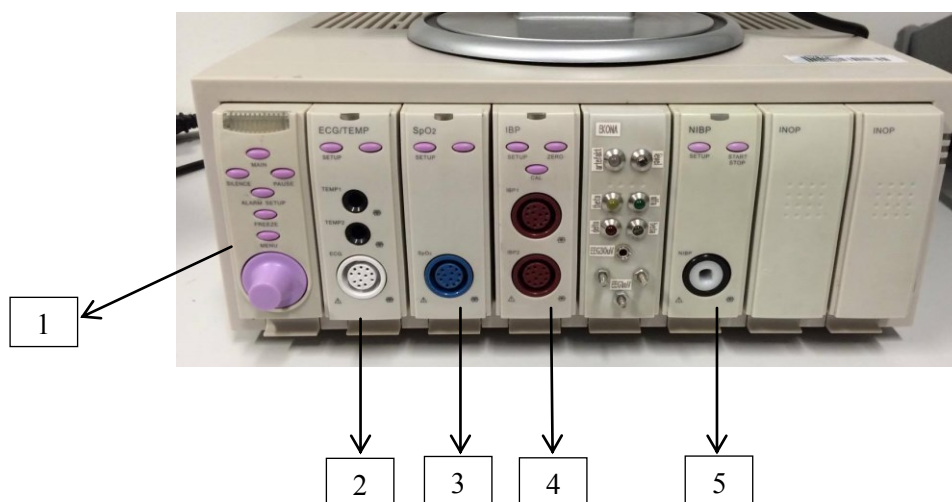
#### Ekona PM6000

- Napájecí kabel zapojte do modulového boxu, dále je nutno také propojit nezávislý monitor s modulovým boxem. (zapojení viz obrázek 1.1)
- Moduly můžeme do modulové skříně buďto vkládat a tím rozšířit přístroj o další funkci, kterou potřebujeme nebo můžeme moduly také odebírat. (viz uživatelská příručka přístroje)
- Spínač monitoru se nachází v pravé části čelní skříně, pod třemi světelnými indikátory, které nás informují o provozu přístroje. (viz obrázek 1.2 popis monitoru zepředu)
- Vstupní konektory pro připojení kabelů k jednotlivým měřením nalezneme na přední části příslušného modulu, který chceme měřit



Obr. 1.1 Zapojení monitoru Ekona PM6000

1. Pojistky: Pojistka Standard T 0,3A
2. Napájení: 100/250 (VAC), 50/60 (Hz)
3. Potencionální uzemnění: Pro spojení s nemocničním uzemňovacím systémem.
4. Analogový výstup: užívá se pro analogový výstup, je možné jej spojit s oscilometrem.
5. VGA Monitor: je možné spojit s externím VGA monitorem.
6. Ethernet síť: pro spojení s centrálním monitorem – konektor RJ45.
7. Servisní konektor: používá se pro programování a upgrade.
8. LVDS Monitor: je možné napojit s displejem poskytovaným dodavatelem

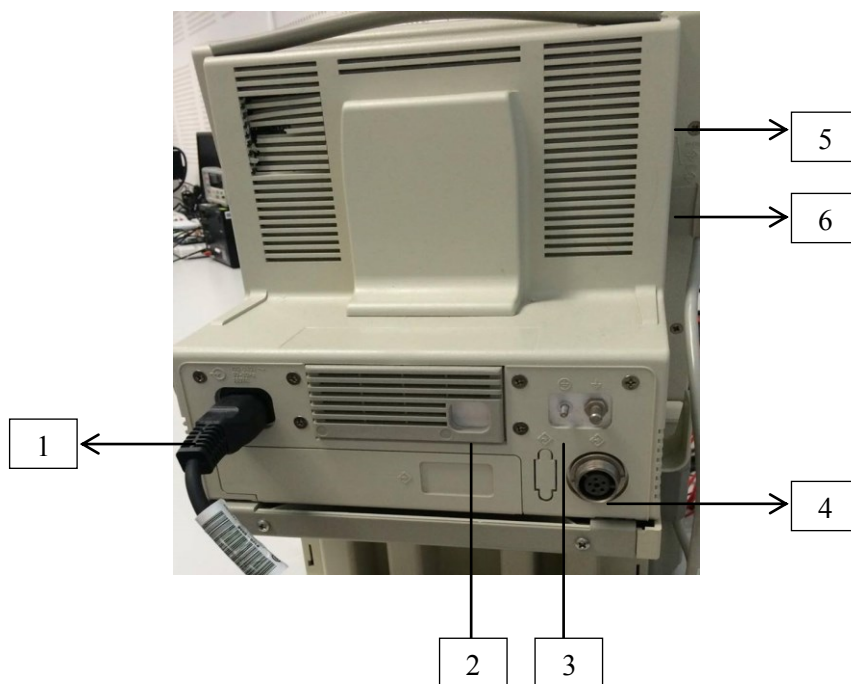


Obr. 1.2 Popis tlačítek a funkčních bloků monitoru Ekona PM6000

1. Modul ovládání – ovládací knoflík, tlačítka main, silence, pause, alarm setup, freeze, menu
2. Modul EKG/RESP + TEMP (2 kanály měření teploty)
3. Modul SpO<sub>2</sub> (standardní modul)
4. Modul IBP (2 kanály měření IBP, standardní modul)
5. Modul NIBP (standardní modul)

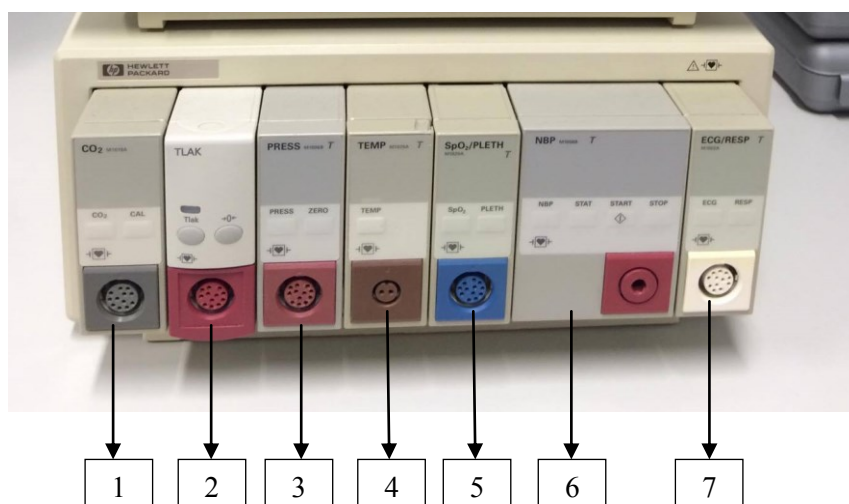
#### **HP M1205A**

- Zapojíme přístroj. (viz obrázek 1.3)
- Moduly můžeme do modulové skříně buďto vkládat nebo je odebírat, stejně jako u předešlého monitoru. (viz manuální příručka)
- Spínač monitoru se nachází v levé čelní části přístroje. (viz obrázek 1.4)
- Vstupní konektory pro připojení kabelů k jednotlivým měřením nalezneme vždy na přední části příslušného modulu, který chceme měřit.
- Vyzkoušejte si všechny funkce a možnosti nastavení monitoru dle nastudování manuálu.



Obr 1.3 Zapojení monitoru HP M1205A

1. **Sít'ový konektor** – konektor slouží pro připojení monitoru k síti
2. **Sekundární zemnění** – šroub pro připojení monitoru k zemní síť
3. **Ekvipotenciální zemnění** – zde je monitor pomocí úchytky připojen k ekvipotenciálnímu uzemnění
4. **Konektor SDN** – konektor, který se používá ke sdílení údajů prostřednictvím sítě HP Care- net
5. **Konektor skříně parametrových modulů** – slouží k připojení modulového boxu
6. **Výstupní konektor defibrilátor sync** – slouží pro odesílání signálu EKG do defibrilátoru



Obr. 1.4 Modulový box s jednotlivými moduly

1. Modul CO<sub>2</sub>
2. Modul pro měření tlaku
3. Modul tlaku
4. Modul pro měření teploty
5. Měření SpO<sub>2</sub>/ Pletysmografie
6. Měření neinvazivního tlaku
7. Měření EKG a RESP křivky

### 1.6.2 Postup k bodu č. 2 zadání

*Na monitoru EKONA PM6000 nastavte libovolné alarmové limity pro všechny měřené parametry. K tomuto bodu zadání je potřeba využití informací z nastudovaných materiálů v kapitole předpokládané znalosti.*

1. Na obr. 1.5 je ukázka nastavení alarmových limitů pro EKG. Do nabídky EKG SETUP se uživatel dostane stisknutím tlačítka setup na EKG modulu v modulové skříni nebo označením klávesy EKG v oblasti parametrů na hlavní obrazovce. Stejný postup platí pro všechny měřené parametry, aby se uživatel dostal do nabídky příslušné funkce tak musí stisknout tlačítko setup na vybraném modulu nebo označením klávesy dané funkce na hlavní obrazovce. U obou měřených tlaků se nastavují alarmové limity pro systolický, diastolický a střední tlak. Pro IBP jsou určeny dva měřicí kanály, prostřednictvím kanálu CH1 se měří arteriální tlak a kanálem CH2 centrální žilní tlak. Před zahájením měření je nutné provést nulování. Po zmáčknutí tlačítka ZERO na modulu invazivního tlaku se objeví okno, v němž se vybere kanál (CH1, CH2), poté se kliknutím potvrdí nulování. Jestliže proběhne proces nulování v pořádku, může být zahájeno měření.

ECG SETUP			
HR ALM	ON ▼	HR CHANNEL	CH1 ▼
ALM LEV	MED ▼	LEAD TYPE	3 LEADS ▼
ALM REC	OFF ▼	SWEEP	25.0 ▼
ALM HI	120 ▲▼	ST ANALYSIS >>	
ALM LO	50 ▲▼	ARR ANALYSIS >>	
HR FROM	ECG ▼	OTHER SETUP >>	
Access the sub-menu in which more items can be set.			
EXIT			

Obr. 1.5 Ukázka nastavení alarmových limitů pro EKG



2. Zvolte si libovolné alarmové limity pro každou simulovanou funkci. Hodnoty uveďte v tabulce.

### 1.6.3 Postup k bodu č. 3 zadání

*Na monitoru EKONA proveďte měření na fyzické osobě, měřeny budou tyto parametry: EKG, RESP, NIBP, SPO<sub>2</sub>, TEMP. Poté proveďte postupně měření na jednotlivých simulátorech, prostřednictvím simulátorů nasimulujte vždy tři Vámi zvolené hodnoty, tak aby vždy dvě hodnoty překročili horní a spodní alarmovou mez. Testovány budou tyto parametry: EKG, SpO<sub>2</sub>, NIBP, IBP. Hodnotu naměřené teploty porovnejte pomocí přístroje Fluke 1523. Všechny naměřené hodnoty zaznamenejte do tabulek, přiložte fotografii z měření. K tomuto bodu zadání je potřeba využití informací z nastudovaných materiálů v kapitole předpokládané znalosti.*

1. Změřte reálné třísvodové EKG na zvolené osobě, k dispozici jsou 3 končetinové elektrody: **červená** – pravá ruka, **žlutá** – levá ruka, **zelená** – levá noha. Elektrody jsou na konci spojeny jedním kabelem s koncovkou, kterou zapojíte do modulu EKG, elektrody poté umístíte na končetiny podle rozlišení barev. Vyzkoušejte změnit velikost amplitudy EKG křivky a změnit rychlost záznamu. Prostřednictvím EKG změřte dechovou křivku.
2. Změřte neinvazivní tlak pomocí manžety, kterou připojte k příslušnému modulu. Nastavení umožňuje nastavit cyklus opakování měření tlaku co 2 min, můžete vyzkoušet změřit tlak ve třech různých polohách ruky a uvést jestli docházelo k nějakým změnám.
3. Změřte SpO<sub>2</sub> pomocí prstového pulzního snímače, který připojte do modulu pro měření SpO<sub>2</sub>, nasadte zvolené osobě snímač na ukazováček a tím je zahájeno měření. Měřená osoba musí být po dobu měření v klidu a s prstem nehýbat.
4. Změřte teplotu pomocí teplotního čidla, které zapojte do modulu pro měření teploty. Modul pro měření teploty je společný s modulem pro měření EKG. Teplotu změřte v podpaždí, a přesnost měření ověřte pomocí přístroje Fluke 1523. Do přístroje zapojte sondu, určenou pro měření tímto přístrojem, poté stiskněte tlačítko pro zapnutí přístroje, vyberte stupně, ve kterých chcete měřit a umístěte sondu do podpaždí.
5. Nasimulujte 3 různé hodnoty na simulátoru Fluke 7000DP, tak aby vždy 2 hodnoty překročily, nastavený limit a pozorujte chování monitoru, vyzkoušejte jednotlivé možnosti nastavení přístroje (změna velikosti amplitudy křivky, změna tvaru křivky atd.), dále vyzkoušejte simulaci různých srdečních arytmií např. (fibrilace síní, fibrilace komor atd.) a zjistěte, jak na ně monitor reaguje. Do modulu EKG zapojte koncovku spojující 3 elektrodové svody stejně jako u prvního měření, elektrody umístěte na simulátor, po zapnutí přístroje stiskněte tlačítko EKG a tím se zobrazí nabídka nastavení EKG signálů.
6. Nasimulujte 3 různé hodnoty pro neinvazivní tlak pomocí simulátoru Rigel UNI- SiM, tak aby vždy 2 hodnoty překročily nastavený limit a pozorujte chování monitoru, vyzkoušejte si různé možnosti nastavení přístroje. Nejprve zapojte přístroj ke zdroji, poté připojte manžetu, kterou jste používali pro měření neinvazivního tlaku do modulu NIBP monitoru a pak pomocí gumové hadičky propojte manžetu se simulátorem.



- Nasimulujte 3 různé hodnoty pro SpO<sub>2</sub> pomocí simulátoru Fluke Index 2XL, tak aby vždy 2 hodnoty překročily nastavený limit a pozorujte chování monitoru. Nejprve zapojte simulátor do zdroje, poté zapojte do monitoru koncovku pulzního snímače, který umístíte na umělohmotnou tyčinku simulátoru, tyčinka má za úkol nahradit ukazováček pacienta. Po připojení měřicího okruhu zapněte přístroj a na LCD displeji vyberete pomocí 5 ti tlačítkového rozhraní nastavení, které potřebujete.
- Změřte invazivní tlak prostřednictvím IBP simulátoru, který zapojte kabelem přímo do modulu IBP monitoru. Po zapnutí přístroje proveďte kalibraci stisknutím tlačítka CALL na modulu IBP. Před zahájením měření proveďte nulování. Nasimulujte vždy tři různé hodnoty, tak aby vždy 2 hodnoty porušily nastavený limit a pozorujte chování monitoru
- Všechny naměřené hodnoty zaznamenejte do tabulky a přiložte fotografii z měření.

#### 1.6.4 Postup k bodu č. 4 zadání

Na monitoru HP M1205A nastavte libovolné alarmové limity pro všechny měřené parametry. K tomuto bodu zadání je potřeba využití informací z nastudovaných materiálů v kapitole předpokládané znalosti.

- Pro zjištění správné funkce monitorů, musíte provést nastavení hraničních hodnot alarmů pro každý měřený parametr. Na obrázku č. 1.6 je okno nastavení alarmových limitů, do této nabídky se dostanete stisknutím tlačítka ALARM, vyberete z nabídky okno LIMITS REVIEW a poté zvolíte SELECT PARAMETER.

Parameter	Current Value	Range
ECG PULSE	50	50 - 120
NIBP SYS	85	85 - 150
PRESS 1 CVP S	40	40 - 90
SpO2	90	90 - 100
RESP	10	10 - 50
TEMP1 Trect	35	35 - 37

Navigation buttons at the bottom: Next Page, Select Parametr, On/Off Alarms, ↓ Low Limit, ↑ High Limit.

Obr. 1.6 Nastavení alarmových limitů pro HP

- Zvolte si libovolné alarmové limity pro každou simulovanou funkci. Hodnoty uveďte v tabulce.

### **Postup k bodu č. 5 zadání**

*Na monitoru HP proveďte také měření na fyzické osobě, měřeny budou tyto parametry: EKG, NIBP, SpO<sub>2</sub>. Poté proveďte postupně měření na jednotlivých simulátorech, prostřednictvím simulátorů nasimulujte vždy tři Vámi zvolené hodnoty, tak aby vždy dvě hodnoty překročili horní a spodní alarmovou mez. Testovány budou tyto parametry: EKG, SpO<sub>2</sub>, NIBP. Všechny naměřené hodnoty zaznamenejte do tabulek a přiložte fotografii z měření. K tomuto bodu zadání je potřeba využití informací z nastudovaných materiálů v kapitole předpokládané znalosti.*

4. Opakujte stejný postup měření na zvolené osobě jako u předešlého monitoru. Na fyzické osobě budou měřeny tyto parametry: EKG, SpO<sub>2</sub>, RESP, NIBP. Pro zahájení měření na monitoru HP je nutné na modulu stisknout tlačítko funkce, která je právě měřena např. po zapojení EKG svodů k monitoru, stiskněte tlačítko EKG na modulu určeném pro měření EKG.
5. Opakujte stejný postup měření na simulátorech jako u předešlého monitoru. Pro zahájení měření na monitoru HP je nutné na modulu stisknout tlačítko funkce, která je právě měřena např. po zapojení EKG svodů k monitoru, stiskněte tlačítko EKG na modulu určeném pro měření EKG.
6. Všechny naměřené hodnoty zaznamenejte do tabulky a přiložte fotografii z měření.

### **Postup k bodu č. 6 zadání**

*Vyhodnoťte funkčnost alarmových signalizací a vypočtěte relativní chybu měření.*

1. Do tabulek zaznamenejte, jestli proběhlo alarmové upozornění po překročení alarmu.
2. Zhodnoťte přesnost měření.

### **Kontrolní otázky**

1. Co je to patientský simulátor?
2. K čemu slouží funkce SWEEP?
3. Musí mít všechny zobrazované křivky stejnou rychlost záznamu?
4. Co znamená MISSED BEAT při měření ekg?
5. Čím se zabývá metrologie ve zdravotnictví?

### **Závěr**

V této části laboratorní úlohy uveďte průběh, výsledky jednotlivých měření a zhodnoťte funkčnost monitorů.

